

---

# **BACHELORARBEIT**

---

Herr  
**Michael Schneider**

**Anwendung der Photovoltaik**

**2014**

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Anwendung der Photovoltaik**

Autor:  
**Herr Michael Schneider**

Studiengang:  
**Immobilienmanagement und  
Facility Management**

Seminargruppe:  
**FM 10/W2-B**

Erstprüfer:  
**Prof. Dr.-Ing. Hans-Gerhard Kretzschmar**

Zweitprüfer:  
**Prof. Dr.-Ing. Gerhard Gebhardt**

Einreichung:  
Mittweida, 05.05.2014

# **BACHELOR THESIS**

---

## **Application to photovoltaic**

author:

**Mr. Michael Schneider**

course of studies:

**Real-Estate-Management and Facilities  
Management**

seminar group:

**FM 10/W2-B**

first examiner:

**Prof. Dr.-Ing. Hans-Gerhard Kretzschmar**

second examiner:

**Prof. Dr.-Ing. Gerhard Gebhardt**

submission:

Mittweida, 05.05.2014

---

## **Bibliografische Angaben**

Schneider, Michael:

Anwendung der Photovoltaik

Application to photovoltaic

52 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,  
Fakultät Maschinenbau, Bachelorarbeit, 2014

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>Formelverzeichnis.....</b>	<b>X</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>XII</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Die Entwicklung der PV Förderung in Deutschland .....	1
1.2 Entwicklung der Gesetzgebung in Deutschland .....	2
1.2.1 Stromeinspeisungsgesetz (1991) .....	2
1.2.2 EEG 2000 .....	2
1.2.3 EEG 2004 .....	3
1.2.4 EEG 2009 .....	3
1.2.5 EEG 2012 .....	4
1.2.6 PV- Novelle Juni 2012.....	5
<b>2 Aufbau und Funktionsweise der PV Anlage.....</b>	<b>7</b>
2.1 Energieertrag und Faktoren .....	11
2.2 Lebensdauer und Energetische Amortisation einer PV- Anlage .....	12
<b>3 Anwendung .....</b>	<b>13</b>
3.1 PV Pro und Contra .....	13
3.1.1 Pro- Argumente.....	13
3.1.2 Contra- Argumente .....	14
3.1.3 Fazit.....	16
3.2 Entscheidungskriterien und Planung .....	17
3.2.1 Art der PV- Anlage .....	17
3.2.2 Azimut- und Neigungswinkel.....	18
3.2.3 Standort .....	19
3.2.4 Einspeisevergütung für PV 2013 / 2014 .....	20
3.2.5 Eigenverbrauch.....	21
3.2.6 Anschaffungskosten von PV- Anlagen .....	30
3.3 Berechnung des Energieertrages.....	31

---

<b>4</b>	<b>Komplexbeispiel am Standort Mittweida .....</b>	<b>33</b>
4.1	Berechnung mit Hilfe eines Photovoltaikrechners im Internet.....	33
4.2	Berechnung Fachfirma.....	38
4.3	Gegenüberstellung der Ergebnisse und Auswertung.....	42
<b>5</b>	<b>Photovoltaikanlage mit Stromspeicher .....</b>	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>Konkurrenz aus Asien .....</b>	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>Zukunft Photovoltaik.....</b>	<b>51</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>XI</b>
	<b>Anlagen.....</b>	<b>XVII</b>
	<b>Eigenständigkeitserklärung .....</b>	<b>XLIV</b>

---

## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
A	Ampere
Abs.	Absatz
AC	„alternating current“ ist das englische Kürzel/Akronym für Wechselstrom
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie e. V.
BEE	Bundesverband Erneuerbare Energie
BGBI	Bundesgesetzblatt
C	C-Rate (Wert für Entladung eines Batteriespeichers)
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
Ct	Cent
DC	„direct current“ ist das englische Kürzel/Akronym für Gleichstrom
dena	Deutsche Energie-Agentur GmbH
DWD	Deutscher Wetterdienst
EE	Erneuerbare-Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EG	Europäische Gemeinschaft (jetzt nur noch Europäische Union (EU))
EnBW	Energie Baden-Württemberg AG
Eon	Energie Deutschland GmbH
EU	Europäische Union
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GW	Gigawatt

---

h	Stunde
Hz	Hertz
ISE	Institut für Solare Energiesysteme
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau Bankengruppe
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWp	Kilowatt-Peak
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
Mio.	Millionen
mm	Millimeter
Mrd.	Milliarden
MW	Megawatt
Nr.	Nummer
PV	Photovoltaik
RWE	Rheinisch- Westfälisches Elektrizitätswerk AG
RWI	Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung
S	Süd
S.	Seite
SMA	Solar Technology AG ursprünglich „System-, Mess- und Anlagentechnik“
U.S .	Vereinigten Staaten (englisch United States, kurz U.S.)



V            Volt

VDE        Verband der Elektrotechnik

W           Watt

Wp         Watt Peak

## Formelverzeichnis

### Formel 1: theoretische Speichermenge

kWh Nennkapazität (kWh) x Vollzyklen

### Formel 2: nutzbare Speicherkapazität (kWh)

theoretische Speichermenge (kWh) x Entladungstiefe (%)

### Formel 3: nutzbare Speichermenge (kWh)

nutzbare Speicherkapazität (kWh) x Systemwirkungsgrad (%)

### Formel 4: Cent pro gespeicherte kWh

Investitionskosten geteilt (€) / nutzbare Speichermenge (kWh)

### Formel 5: Gesamtertrag (kWh)

Ertrag pro Jahr in (kWh/kWp) x Leistung der Solaranlage

### Formel 6: Jährlicher Ertrag (€)

Gesamtertrag (kWh) x Vergütung / Strompreisersparnis (pro kWh)

### Formel 7: Anschaffungspreis (€)

Summe aller Investitionen (€)

### Formel 8: Durchschnittliche jährliche Einspeisevergütung (€)

(Anteil) Gesamtertrag (kWh) x aktuelle Einspeisevergütung (Ct)

Formel 9: Durchschnittlicher jährlicher Eigenverbrauch (Ersparnis in €)

(Anteil) Gesamtertrag (kWh) x aktueller Strompreis EVU (Ct)

Formel 10: Amortisationszeit

Investitionssumme (€) / Jährlicher Ertrag (€)

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prinzip der Photovoltaikanlage .....	9
Abbildung 2: Aufbau einer PV-Anlage mit Ihren wesentlichen Bestandteilen .....	9
Abbildung 3: Aufdachanlage .....	17
Abbildung 4: Indachanlage .....	17
Abbildung 5: Azimut- und Neigungswinkel .....	18
Abbildung 6: Standorte in Deutschland .....	19
Abbildung 7: Sunny Home Manager .....	23
Abbildung 8: Haushaltslastprofile .....	24
Abbildung 9: Schaltbild mit Sunny Home Manager .....	24
Abbildung 10: PV mit Solarstromspeicher- Funktion .....	26
Abbildung 11: Solarstromspeicher .....	26
Abbildung 12: Screenshot Solarworld Schritt 1 .....	34
Abbildung 13: Screenshot Solarworld Schritt 2 .....	35
Abbildung 14: Screenshot Solarworld Schritt 3 .....	36
Abbildung 15: Umgebung der Anlagenvisualisierung .....	38
Abbildung 16: Modulbelegung der Anlagenvisualisierung .....	40
Abbildung 17: Häufigkeitsverteilung .....	40
Abbildung 18: Graphische Darstellung des Anteils der Solarenergie am Energieverbrauch .....	42
Abbildung 19: SMA INTEGRATED STORAGE SYSTEM .....	44
Abbildung 20: Aufbau und Funktionsweise der SMA INTEGRATED STORAGE SYSTEM .....	44
Abbildung 21: Photovoltaikanlage mit Stromspeicher nachts .....	45
Abbildung 22: Photovoltaikanlage mit Stromspeicher vormittags .....	45
Abbildung 23: Photovoltaikanlage mit Stromspeicher mittags .....	46
Abbildung 24: Photovoltaikanlage mit Stromspeicher nachmittags .....	46
Abbildung 25: Photovoltaikanlage mit Stromspeicher abends .....	47
Abbildung 26: Mono- und polykristalline Modulpreise in Euro/Watt in der KW 47 für die Regionen EU, China, Asien .....	49

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einspeisevergütung für PV 2013 / 2014.....	20
Tabelle 2: Gegenüberstellung Photovoltaikrechner .....	42

# 1 Einleitung

Im Jahre 1839 wurde der sogenannte photoelektrische Effekt von dem französischen Physiker Becquerel entdeckt. Nachweisbar war dieser Effekt jedoch erst 1876, also fast 40 Jahre später, durch die Selen-Kristalle. Albert Einstein ist es 1905 gelungen, diesen Effekt zu erklären. Hierfür erhielt er 1921 auch den Physik-Nobelpreis. Einige Jahre vergingen, bis es 1954 eine Forschungsgruppe bestehend aus Daryl Chapin, Calvin Fuller und Gerald Pearson schaffte, die Technik auf Siliziumzellen zu übertragen.<sup>1</sup>

1955 eroberte die Technik dann den Markt. Sie wurde beispielsweise zur Telefonstromversorgung eingesetzt. Ab 1958 erhöhten sich Angebot und Nachfrage der PV durch die Verwendung der Photovoltaikzellen in der Satellitentechnik maßgeblich.

In den 70er Jahren wuchs das Umweltbewusstsein der Menschen, bedingt durch die Klimakrisen. Alternative Energien mussten her und von Erdgas-/ -öl- und Atom-Kraftwerke wollte man sich langfristig verabschieden. Somit erfuhr die PV eine rapide Weiterentwicklung. In vielen Ländern der Welt wurden Gesetze erlassen und neue Konzepte entwickelt für den Bau der Anlagen, besonders auch in Deutschland.<sup>2</sup>

## 1.1 Die Entwicklung der PV Förderung in Deutschland

Im Jahre 1965 gab es in Deutschland die ersten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bei der Solarstromerzeugung. Die Firma Siemens war maßgeblich daran beteiligt. Die ersten Fördermittel für Solarenergie wurden von Seitens der Bundesregierung 1974 <sup>3</sup> zu Verfügung gestellt. In den 90er fiel dann der Startschuss des sogenannten 1.000-Dächerprogramms. Daraufhin wurden PV- Anlagen mit einer Gesamtleistung von 6 MW auf 2.550 Dächern installiert.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Christian Synwoldt: Mehr als Sonne, Wind und Wasser: Energie für eine neue Ära Erlebnis Wissenschaft. Verlag John Wiley & Sons 2012, S. 85 ff.

<sup>2</sup> Vgl. Matthias Kramer: Integratives Umweltmanagement, Systemorientierte Zusammenhänge Zwischen Politik, Recht, Management und Technik. Springer Verlag 2010, S. 554 ff.

<sup>3</sup> Vgl. André Suck: Erneuerbare Energien und Wettbewerb in Der Elektrizitätswirtschaft: Staatliche Regulierung Im Vergleich zwischen Deutschland und Großbritannien. Springer Verlag 2008, S. 99

<sup>4</sup> Vgl. Frank Schüssler: Geographische Energieforschung: Strukturen und Prozesse im Spannungsfeld zwischen Ökonomie, Ökologie und sozialer Sicherheit. Verlag Peter Lang 2010, Band 27, S. 98 ff.

Bereits ein Jahr später wurde das Stromeinspeisungsgesetz in Kraft genommen. Die Mindestvergütung für Strom, die aus Wind- und Sonnenenergie gewonnen wurde, betrug für die Energieversorgungsunternehmen 8,49 Ct/kWh. Im Jahr 2000 gab es mit dem Erlass des EEG einen großen Einschnitt. Mit etwa 50 Ct pro solar erzeugter kWh Strom wurde vergütet.<sup>5</sup>

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts wuchs Deutschland zu den größten Photovoltaikmarkt heran. Dies war der Verdienst der Förderpolitik der Bundesrepublik Deutschland, welche fortan als weltweiter Vorreiter gesehen wurde. Jedoch kam es durch die Verlagerung der Produktionsstätten ins Ausland, zu niedrigeren Preisen für PV- Anlagen innerhalb Deutschlands.<sup>6</sup>

## **1.2 Entwicklung der Gesetzgebung in Deutschland**

### **1.2.1 Stromeinspeisungsgesetz (1991)**

Das Stromeinspeisungsgesetz vom 7. Dezember 1990 war der Vorgänger des EEG. Weil Strom aus erneuerbaren Energien größtenteils nur von kleinen Unternehmen produziert wurde und die großen Stromerzeuger oftmals den Zugang zu deren Verteilernetz verweigerten, wurde hiermit die Einspeisung ins öffentliche Netz verbindlich geregelt. Die Netzbetreiber wurden somit zur Abnahme des Stroms verpflichtet. Außerdem sicherte es den Erzeugern eine Mindestvergütung.<sup>7</sup>

### **1.2.2 EEG 2000**

Durch das EEG vom 29. März 2000 wurde das Stromeinspeisungsgesetz abgelöst. Die Vergütungssätze für PV wurden stark angehoben und auch andere Technologien wie Geothermie mit einbezogen.

---

<sup>5</sup> Frithjof Staiß: Jahrbuch Erneuerbare Energien 02/03. Bieberstein Verlag & Agentur 2003, S. 67.

<sup>6</sup> Bundesrat, Gesetzentwurf der Bundesregierung Drucksache 341/11  
URL: [http://www.bundesrat.de/cln\\_179/nn\\_8336/SharedDocs/Drucksachen/2011/0301-400/341-11,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/341-11.pdf](http://www.bundesrat.de/cln_179/nn_8336/SharedDocs/Drucksachen/2011/0301-400/341-11,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/341-11.pdf), Stand 07.01.2014

<sup>7</sup> Vgl. Tina Wirth: Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). GRIN Verlag 2010, S. 3ff.

### Die Vergütungssätze des EEG 2000 im Überblick:

- Strom aus Windenergie zwischen 6,19 und 9,10 Ct/kWh
- Strom aus Photovoltaikanlagen:
  - für Anlagen, die 2001 in Betrieb gingen: mind. 50,6 Ct/kWh
  - für Anlagen, die 2002 in Betrieb gehen: mind. 48,1 Ct/kWh
- Strom aus Wasserkraft mind. 7,67 Ct/kWh
- Strom aus Biomasse zwischen 8,70 und 10,23 Ct/kWh
- Strom aus Geothermie zwischen 7,16 und 8,95 Ct/kWh <sup>8</sup>

### **1.2.3 EEG 2004**

Am 1. August 2004 trat die novellierte Fassung des EEG vom 21. Juli 2004 in Kraft. Die hauptsächlichen Änderungen lagen in der Höhe der Fördersätze, sowie der verbesserten juristischen Stellung der Anlagenbetreiber zur Gewinnung erneuerbarer Energien in Bezug auf die örtlichen Netzbetreiber. Außerdem war eine Anpassung an die Richtlinie 2001/77/EG zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt notwendig.<sup>9</sup>

### **1.2.4 EEG 2009**

Die am 6. Juni 2008 vom Deutschen Bundestag beschlossene neue und erweiterte Fassung ist am 1. Januar 2009 in Kraft getreten.

Das Ziel der Novellierung 2008 (BGBl. I S. 2074) war es, den prozentualen Stromversorgungsanteil durch erneuerbarer Energien bis 2020 auf mindestens 35 % zu erhöhen (§ 1 Abs. 2 EEG). Die Grundstrukturen des Vorgängers behielt das EEG 2009 bei, jedoch gab es nun 66 Paragraphen, anstatt 22. Es beinhaltete eine Reihe von Detailregelungen. Die Meldepflichten wurden erweitert, so dass Betreiber den Standort und die Leistung an die Bundesnetzagentur melden müssen. (§ 16 Abs. 2 Satz 2 EEG). Neu und eindeutig wurde auch der Anlagenbegriff definiert.

---

<sup>8</sup> Lorenz Jarass, Gustav M. Obermair, Wilfried Voigt: Windenergie. Springer Verlag 2009, S. 99 ff.  
TiDis Solar: URL: <http://www.solar.tidis.de/alternative-energien/eeg---erneuerbare-energien-gesetz/index.php>, Stand 08.01.2014

<sup>9</sup> Gesetze aktuell; URL: <http://www.buzer.de/gesetz/8423/l.htm>, Stand 09.01.2014



Für Engpässe bei der Stromzuführung in übergeordneten Stromnetze, ist eine Ausgleichsregelung eingeführt worden. Das soll den Ausbau der erneuerbaren Energien möglich machen, ohne auf den Netzausbau warten zu müssen. Durch eine direkte Zugriffsmöglichkeit auf die Steuerung von einspeisenden Erzeugungsanlagen, können die Netzbetreiber die Leistung gezielt verringern. (§ 11, § 12 EEG) <sup>10</sup>

Für die Vergütung der PV wurde eine gleitende Degression eingeführt. Das bedeutet, dass bei großem Zubau und somit auch erhöhten Vergütungskosten die garantierte Vergütung pro kWh im darauf folgenden Jahr schneller gesenkt wird. So werden für alle Stromkunden die Gesamtkosten in einem gewissen Rahmen gehalten. Die Absenkung wird verlangsamt, wenn das vorgegebene Zubauziel nicht erreicht wird. Die Bundesnetzagentur veröffentlicht jeweils zum 31. Oktober den gültigen Degressionssatz der Einspeisevergütung ab dem 1. Januar des Folgejahres.<sup>11</sup>

### **1.2.5 EEG 2012**

Aus der konsolidierten Fassung des Gesetzestextes in der ab 1. Januar 2012 geltenden Fassung geht folgende Zielstellung hervor:

„(1) Zweck dieses Gesetzes ist es, insbesondere im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen, die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung auch durch die Einbeziehung langfristiger externer Effekte zu verringern, fossile Energieressourcen zu schonen und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien zu fördern.

(2) Um den Zweck des Absatzes 1 zu erreichen, verfolgt dieses Gesetz das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung mindestens zu erhöhen auf

1. 35 Prozent spätestens bis zum Jahr 2020,
2. 50 Prozent spätestens bis zum Jahr 2030,
3. 65 Prozent spätestens bis zum Jahr 2040 und
4. 80 Prozent spätestens bis zum Jahr 2050

und diese Strommengen in das Elektrizitätsversorgungssystem zu integrieren.

---

<sup>10</sup> Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz  
URL: [http://www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2009/index.html](http://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2009/index.html), Stand 10.01.2014

<sup>11</sup> Vgl. Tina Wirth: Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). GRIN Verlag 2010, S. 3 ff.

(3) Das Ziel nach Absatz 2 Nummer 1 dient auch dazu, den Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Bruttoendenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf mindestens 18 Prozent zu erhöhen.,<sup>12</sup>

### 1.2.6 PV- Novelle Juni 2012

Ende Juni 2012 sind umfangreiche Änderungen bei der Vergütung von PV- Strom beschlossen worden. Diese sind dann rückwirkend zum 1. April 2012 in Kraft getreten. Das Ergebnis wurde am 23. August 2012 im Bundesgesetzblatt (BGBl. 2012, Teil I, Nr. 38, S. 1754) veröffentlicht. Zusammenfassend beinhaltet dies folgende wesentliche Punkte:

- Neugestaltung der Vergütungsklassen (bis 10 kW, bis 40 kW, bis 1000 kW und bis 10.000 kW) und Größenbegrenzung auf 10.000 kW
- Einmalabsenkung der Vergütungssätze um 15 %, anschließend „Basisdegression“ um monatlich 1 % (entspricht 11,4 % jährlich)
- Vergütungssätze ab 1. April 2012 zwischen 19,5 und 13,5 Ct/kWh
- Begrenzung des Gesamtausbauziels für die geförderte Photovoltaik in Deutschland auf 52 GW (Bestand 27 GW 2012). Ein jährlicher „Ausbaukorridor“ wird mit 2,5 bis 3,5 GW festgesetzt.
- Zubau abhängige Steuerung der Degression, abhängig vom Zubau wird bei Überschreitung des Ausbaukorridors die Degression in Stufen von 1,0 % bis 2,8 % angehoben, bei Unterschreitung entsprechend abgestuft oder ausgesetzt.
- Mit den Instrumenten „Marktintegrationsmodell und Eigenverbrauchsbonus“ wird für Anlagen zwischen 10 kW und 1000 kW pro Jahr ab 2014 nur noch 90 % der gesamten erzeugten Strommenge nach EEG vergütet.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Erneuerbare- Energien- Gesetz: URL: <https://dejure.org/gesetze/EEG/1.html>, Stand 12.01.2014

<sup>13</sup> EEG-Novelle zur Photovoltaik 2012: URL: [http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aenderungen\\_eeg\\_120628\\_bf.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aenderungen_eeg_120628_bf.pdf), Stand 12.01.2014

Im Frühjahr 2013 kam dann der Begriff „Strompreisbremse“. Peter Altmaier (Bundesumweltminister) stellte seine Reformvorschläge zur EEG-Umlage vor. Aufbauend auf dessen Konzept, wurden kurzfristige Maßnahmen zur Regulierung der Strompreise vom Bundesumweltministerium und Bundeswirtschaftsministeriums vorgeschlagen.

Jedoch wurde eine Vielzahl der Vorschläge vom BEE abgelehnt. Nach dessen Ansicht, wäre vor allem das Festsetzen der EEG-Umlage, auf den für das Jahr 2013 vorherrschenden Wert von 5,28 Ct/ kWh Strom, ein negativ Faktor in Bezug auf das Ausbautempo. Außerdem begründete der BEE, dass die EEG-Umlage kein Richtwert mehr für die Kosten der EE sei. Nach dessen Ansicht hänge es wesentlich von der Entwicklung der Börsenstrompreise und der CO<sub>2</sub>-Zertifikatspreise ab. Des Weiteren wurde kritisiert, keine Einspeisevergütung mehr an künftigen Investoren zu zahlen, denn dadurch würde den Investoren die Planungssicherheit genommen werden.

Die Grünen legten mit dem damaligen Bundesminister für Wirtschaft und Technologie Philipp Rösler und Bundesumweltminister Peter Altmaier ein weiteres Konzept vor. Dabei ging es um das weiterhin vorrangige Einspeisen von Ökostrom in die deutschen Netze. Allerdings setzte sich auch hier eine Reihe von Maßnahmen aus diesem Konzept nicht beim Energiegipfel am 21. März durch.

Der BDI beauftragte die dena mit einem Gutachten. Im Juni 2013 wurde dieses veröffentlicht. Ergebnis der Studie war eine Empfehlung zur grundlegenden Novellierung des EEG. Nach Aussage der Studie sei es wichtig die Marktentwicklung bei der Anpassung der Einspeisevergütungen zu berücksichtigen.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Glaronia.com: Infomagazin im Internet: URL: <http://www.glaronia.com/2013/08/01/de-kurzung-fur-forderung-von-solaranlagen-fallt-wieder-hoher-aus/>, Stand 15.01.2014  
BMU/ BMWi: URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiewende-sichern-kosten-begrenzen,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, Stand 16.01.2014  
BEE: URL: <http://www.bee-ev.de/3:1300/Meldungen/2013/Altmaiers-Vorschlaege-bestrafen-Energiewende-Investoren.html>, Stand 16.01.2014

## 2 Aufbau und Funktionsweise der PV Anlage

Unser Stern die Sonne lässt in Form von Wärme und Licht eine Menge Energie auf unseren Planeten die Erde einwirken. Wäre es uns möglich, die gesamte Energie abzufangen und in Strom umzuwandeln, so könnten wir innerhalb eines Jahres so viel Strom produzieren, um den gesamten Planeten für ca. 15.000 Jahre zu versorgen. Jedoch haben PV und weitere Sonnenkraftwerke einen bestimmten Wirkungsgrad, nämlich nur den Teil der Energie der auch genutzt bzw. verwertet werden kann.<sup>15</sup>

### Also wie funktioniert das Prinzip der PV?

Abhängig von der Anlagengröße und des Anlagentyps werden sogenannte Strings, also einzelne Solarmodule in Reihe verschaltet.<sup>16</sup> Diese Solarmodule beinhalten eine Reihenschaltung von Solarzellen. Für eine Reparatur sind diese dann nicht mehr zugänglich, da sie hermetisch gekapselt sind. Man unterscheidet auch nach kristallinen Solarzellen, welche einzeln angefertigt und anschließend durch Metallfolien verbunden werden und nach Dünnschichtzellen, wo die Herstellung der Verbindungen in die Prozesse zur Formierung der Zellen integriert ist.

Die Spannung addiert sich aufgrund der Reihenschaltung von Solarzellen und anschließend der Solarmodule. Noch vor etwa 20 Jahren war die maximale Systemspannung auf 110V begrenzt. Heute ist bei den nach Schutzklasse II geprüften Solarmodulen eine Systemspannung von 1000V möglich. Der Grenzwert der Niederspannungsdefinition nach VDE0100 liegt bei 1500V DC. An einer weiteren Erhöhung der Systemspannung wird gearbeitet.

Bei maximaler Sonneneinstrahlung kann beispielsweise eine kristalline Solarzelle von 156mm Kantenlänge in etwa 8A liefern. Der gelieferte Strom wird aufgrund der Reihenschaltung durch die Solarzelle bestimmt mit dem geringsten Strom. Eine Parallelschaltung von einzelnen Modulen findet man im Inselbetrieb.

Die Befestigung der Solarmodule erfolgt meistens auf einer Unterkonstruktion. Diese richtet die Module ideal aus, so dass ein höchstmöglicher oder ein möglichst gleichbleibender Energieertrag gewährleistet ist.<sup>17</sup>

---

<sup>15</sup> Vgl. Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese: Erneuerbare Energien. Springer Verlag 2007, S. 1 ff.

<sup>16</sup> Vgl. Konrad Mertens: Photovoltaik: Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG 2013, S. 161 ff.

<sup>17</sup> Vgl. Bastian Aue, Steffen Kruse: Energieerzeugung aus Photovoltaik. GRIN Verlag 2010, S. 4 ff.

Die Ausrichtung in Deutschland für den höchsten Energieertrag ist Richtung Süden auf circa 30° angewinkelt. Um einen gleichbleibenden Energieertrag über das gesamte Jahr erzielen zu können, sollte die Anlage Richtung Süden und auf etwa 55° angewinkelt sein.<sup>18</sup> Um die Energieeffizienz zu erhöhen, ist eine sensorisch Unterkonstruktion von großem Nutzen.

Durch einen Wechselrichter wird bei einer netzgekoppelten Anlage der von den Solarmodulen produzierte Gleichstrom in Wechselstrom umgewandelt und anschließend in das Stromnetz eingespeist. Auch hier gibt es natürlich Umwandlungsverluste, aber wenn das Netz in ausreichender Qualität in Bezug auf Spannung und Frequenz zur Verfügung steht, erfolgt dies in aller Regel vollständig. In Deutschland wurde eine bedarfsabhängige Einspeisung mit dem erneuerten Einspeisegesetz 2009 verbindlich für Anlagen über 100 kW festgeschrieben.<sup>19</sup>

Im Normalfall stellen netzgekoppelte PV- Anlagen dem Stromnetz keine Regelleistung zu Verfügung, denn grundsätzlich gilt, das Maximum an regenerativer Energie zu erzeugen. Jedoch müssen Anlagen bei einer Leistung von 100 kWp<sup>20</sup> im Stande sein, wenn eine Netzüberlastungen vorliegt, ihre Leistung vom jeweiligen Netzbetreiber ferngesteuert zu minimieren. Bei Bedarf können Wechselrichter sogar Blindleistung ins Netz abgeben oder auch aufnehmen. Seit 2010 wird das von den leistungsstärkeren Anlagen, die auf der Mittelspannungsebene einspeisen, auch in der sogenannten Mittelspannungsrichtlinie gefordert.

Die Energie wird bei netzfernen Anlagen zwischengespeichert, wenn sie nicht sofort verwendet werden kann. Gespeichert wird die Energie in sogenannten Energiespeichern, meistens Bleiakkumulatoren. Erforderlich für das Speichern ist jedoch ein Laderegler. Damit die gespeicherte Energie für Elektrogeräte verwendet werden kann, wird sie durch ein Inselwechselrichter in Wechselstrom gewandelt.<sup>21</sup>

---

<sup>18</sup> Photovoltaik Guide für Dachneigung und Ausrichtung der Photovoltaikanlage  
URL: <http://www.photovoltaik-guide.de/wissenswertes/solaranlagen/dachneigung-und-ausrichtung>,  
Stand 17.01.2014

<sup>19</sup> Vgl. Christoph Jehle: Photovoltaik - Strom aus der Sonne:  
Technologie, Wirtschaftlichkeit und Marktentwicklung. Müller C.F. 2008, S. 1 ff.

<sup>20</sup> Vgl. Bastian Aue, Steffen Kruse: Energieerzeugung aus Photovoltaik. GRIN Verlag 2010, S. 4 ff.

<sup>21</sup> IWS solar AG: Solar- und Energietechnik  
URL: <http://www.iwssolar.ch/photovoltaik/wechselrichter/inselwechselrichter/index.html>,  
Stand 17.01.2014

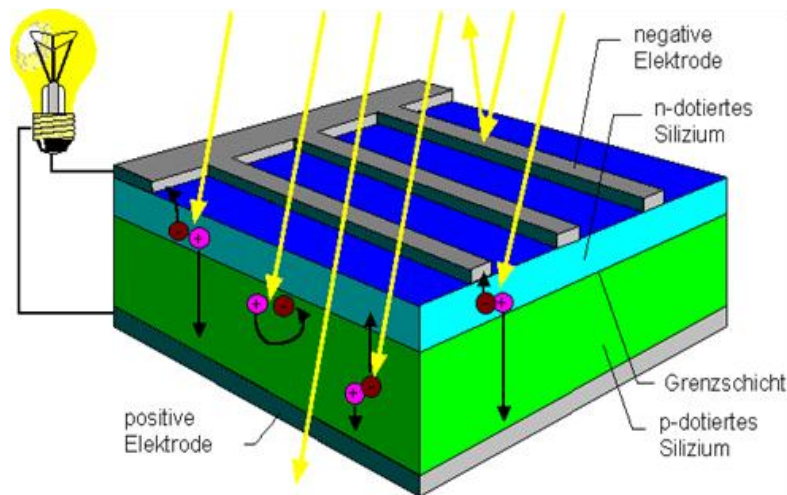


Abbildung 1: Prinzip der Photovoltaikanlage

Quelle: URL: [www.iundm.de/lars/Image18.gif](http://www.iundm.de/lars/Image18.gif)

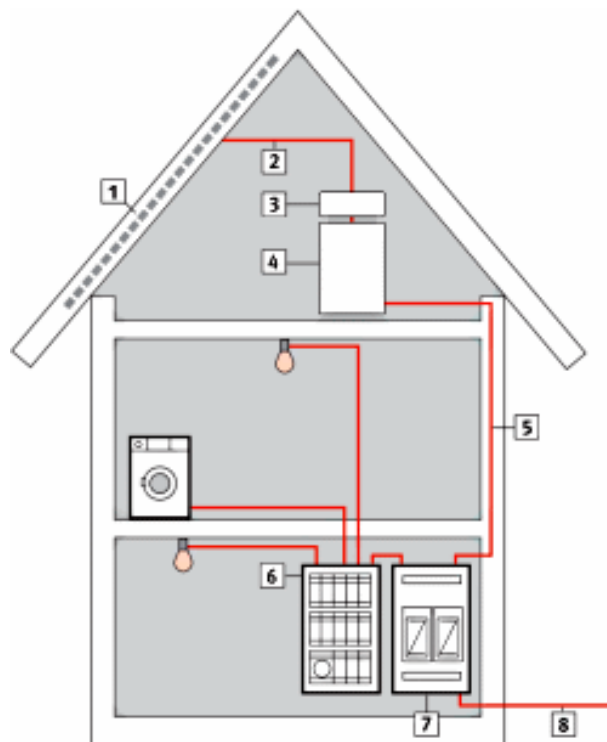


Abbildung 2: Aufbau einer PV-Anlage mit Ihren wesentlichen Bestandteilen

Quelle: URL: <http://www.komsolar.de/realisierte-projekte/technologie/aufbau-photovoltaik-anlage/>

## 1. Photovoltaik-Module

Umwandlung des Sonnenlichts in Gleichstrom

## 2. Gleichstromleitungen

Verbindungsleitung zwischen den Solarmodulen und dem Wechselrichter

## 3. Generatoranschlusskasten

Solarzellen werden gegebenenfalls mit Überspannungsschutz parallel geschaltet

## 4. Wechselrichter

inkl. Netzüberwachung und Überspannungsschutz Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom – erforderlich für die Einspeisung ins Stromnetz

## 5. Wechselstromleitung (230 V 50 Hz)

## 6. Stromverteilung und Sicherungen

## 7. Zähler für Einspeisung und Bezug

Einspeisung in das öffentliche Stromnetz und Bezug von Wechselstrom

## 8. Bestehendes Hausanschlusskabel

### Peakleistung

Als Peak-Leistung wird in der PV die maximale mögliche Leistung eines Solargenerators bei Standardbedingungen definiert. Gemessen wird sie in W und angegeben als Wp(Watt-Peak). Eine optimale Sonneneinstrahlung von 1000 W/m<sup>2</sup> wird als Standardbedingung angesetzt.<sup>22</sup>

Diese kann an einem Sommertag, wenn die Sonne sehr hoch steht, in Deutschland erreicht werden. Die Peak-Leistung ist auch als "Nennwert" oder Spitzenleistung bekannt und basiert auf Messungen die unter optimalen Bedingungen durchgeführt wurden. Die sogenannte Nennleistung lässt sich durch Multiplikation des Nennstroms und der Nennspannung ermittelt. Für die Planung einer PV- Anlage ist der Wirkungsgrad wichtig. Dieser gibt an, zu welchem Teil nutzbarer elektrischer Strom aus der Strahlungsenergie verwandelt wird.<sup>23</sup>

### Der Wirkungsgrad

Am einfachsten beschreibt sich der Wirkungsgrad als ein Verhältnis von Nutzen zu Aufwand. In der PV ist es also das Verhältnis von der erzeugten Energie einer Solarzelle bzw. eines Solarmoduls zu der Strahlungsenergie der Sonne. Der Wirkungsgrad gibt somit an wieviel der eingestrahlten Lichtmenge umgewandelt werden kann in nutzbare elektrische Energie.

Wenn beispielsweise von 100 W Strahlungsenergie nur 20 W übrig bleiben, dann entspricht das einem Wirkungsgrad von 20 %.  $(20W / 100W) * [100\%]$

Ein Großteil der Strahlungsenergie geht durch Reflexion verloren, aber auch durch die Leiterbahnen oder auch durch Wärmeverluste. Je wärmer eine Solarzelle ist, desto kleiner ist ihr Wirkungsgrad.<sup>24</sup>

---

<sup>22</sup> Vgl. Christoph Jehle: Photovoltaik - Strom aus der Sonne: Technologie, Wirtschaftlichkeit und Marktentwicklung. Müller C.F. 2008, S. 1 ff.

<sup>23</sup> Das Internetportal für Sonnenenergie  
URL: <http://www.solarserver.de/wissen/lexikon/p/peakleistung.html>, Stand 01.02.2014

<sup>24</sup> Vgl. Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese: Erneuerbare Energien. Springer Verlag 2007, S. 1 ff.

## 2.1 Energieertrag und Faktoren

Ein mittlerer Energieertrag von circa 650 bis 1150 kWh pro kWp installierte Leistung der Anlage kann in Deutschland erwartet werden. Über das Jahr gemittelt entspricht das in etwa einer Leistung von 7,5 bis 13 Prozent, in Bezug auf die kWp-Angabe. Bei fest installierten Anlagen, die ohne Sonnenstandnachführung arbeiten, können dort bis zu 8 kWh/kWp erzeugt werden. Es spielen jedoch eine Reihe von Faktoren eine Rolle dabei, um einen solchen Wert zu erreichen. Faktoren wie die Auslegung, die Ausrichtung und Montage, Wetterbedingungen oder die Höhe des Tagbogens sind entscheidend für einen solchen Spitzenwert.

In Deutschland ist eine leichte Überdimensionierung des PV- Generators üblich. Über das Jahr betrachtet führt dies zu höheren Erträgen, begrenzt jedoch gleichzeitig die Höhe des Spitzenertrages in der Sommerzeit. An Tagen wie diesen fährt der Wechselrichter in die Begrenzung aus und somit werden Teile des Energieangebots nicht genutzt.

Im Sommer ist eine senkrechte Aufstellung zur Sonne auf ca. 47° Grad Modulneigung notwendig, um einen maximalen Ertrag zu erreichen. Über das Jahr betrachtet würde das aber zu einem Minderertrag führen. Auch die Art und Weise der Montage kann den Ertrag beeinflussen. Beispielsweise kann durch einer verbesserten hinteren Lüftung der Module eine höhere Effizienz erreicht werden, aufgrund der besseren Kühlung der selbigen.

Die Wetterbedingungen müssen auch perfekt sein, um einen Spitzenertrag zu erreichen. Es ist ein klarer, wolkenloser Tag nötig. Sogar ein Regenschauer in der Nacht, der sogenannte Aerosole aus der Atmosphäre wäscht, führt zur Erhöhung der Direktstrahlung auf den Modulflächen. Des Weiteren kann ein gleichbleibender Windstrom die Module kühlen.

Je dichter eine Anlage in Richtung Nord- bzw. Südpol installiert ist, desto stärker nimmt im Sommer die Ausweitung des Tagbogens zu. Folglich, nehmen die unterschiedlichen Tageserträge zwischen Sommer und Winter in Richtung Äquator ab. An Tagen der Wintersonnenwende und Sommersonnenwende beträgt der max. Unterschied der Tageslängen 1,23h. An langen Sommertagen steht die Sonne mittags im Süden höher als im Norden.

Die Auswirkungen auf den Stromertrag sind folgende, da die Sonne im Süden höher steht als im Norden, ist dort der Stromertrag wesentlich größer als im Norden, weil die Intensität der Sonneneinstrahlung höher ist. Das im Sommer die Sonnenscheindauer im Norden länger ist im Vergleich zum Süden, wirkt sich tatsächlich wenig ertragsstei-



gernd aus. Das gilt jedoch nur für fest installierte Anlagen. Außerdem wirken sich der niedrige Sonnenstand zur Mittagszeit und die geringeren Tageslängen im Herbst und Winter deutlich ertragsmindernd aus. In guten Lagen wie vorwiegend Süddeutschland oder in Gebirgslagen, sowohl auch auf Rügen sind höhere Werte erzielbar. Abhängig von den lokalen Klimaverhältnissen können die Werte schwanken. Bis zu 20 % von den Vorjahresergebnissen können durch das Wetter abweichen. Standortabhängige Verschattungen, kurzzeitige Verschattungen und Eigenverschattungen führen auch zu Ertragsverlusten. Bäume sowie Nachbarbebauungen sind beispielsweise standortabhängige Verschattungen. Schnee, Staubschichten oder Verschmutzungen wie Laubablagerungen sind kurzzeitigen Verschattungen. Auch zu lange Kabelstrecken oder zu dünne Querschnitte führen zu Verlusten des Ertrages einer Anlage.

Von den verwendeten Komponenten ist der Gesamtwirkungsgrad einer Anlage abhängig. Die Solarzellen und Wechselrichter sind jedoch die Hauptkomponenten. Speziell die Wechselrichter haben durch den staatlich geförderten Ausbau der PV eine Verbesserung in der Zuverlässigkeit und im Wirkungsgrad erfahren können.<sup>25</sup>

## 2.2 Lebensdauer und Energetische Amortisation einer PV- Anlage

Die PV- Anlage hat eine Lebenserwartung von mehr als 30 Jahren. Die Solarzellen werden in Kunstharz zwischen Kunststoff oder Sicherheitsglas und einer resistenten Folie versiegelt wodurch sie vor Umwelteinflüssen geschützt sind. Somit sind sie wartungsarm und arbeiten unbegrenzt. Anders jedoch können die Solarmodule altern und somit undicht werden. Dadurch verschlechtert sich der Wirkungsgrad und die Leistung lässt über die Jahre gesehen nach. Viele Modulhersteller geben Leistungsgarantien auf die Module von 25 bis 30 Jahren. Dabei bezieht sich die Leistungsgarantie auf eine Mindestleistung von 80 % der im Datenblatt ausgewiesenen Mindestnennleistung. Die meisten marktüblichen thermischen Solaranlagen haben eine Lebenserwartung von 30 Jahren und amortisieren sich nach etwa 4 Jahren. Bei PV- Anlagen ist die Energierücklaufzeit ähnlich. Sie haben eine energetische Amortisationszeit von 17 bis 41 Monaten, basierend auf amorphem Silizium, anders als bei klassischen Kraftwerken. Diese können sich nicht energetisch amortisieren, da immer weitere Brennstoffe verbraucht werden müssen.<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> Viktor Wesselak, Sebastian Voswinckel: Photovoltaik. Springer 2012, Band 2, S. 94 ff.

<sup>26</sup> <http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>, Stand 22.01.2014

## 3 Anwendung

### 3.1 PV Pro und Contra

Bevor man sich für ein PV- Anlage entscheidet sollte man die Vor und Nachteile einer solchen abwägen. Im Folgenden sind diese einmal aufgeführt.

#### 3.1.1 Pro- Argumente

- Als dezentrale Energieversorgung ist die PV großteils in Bürgerhand.

In etwa 1,3 Mio. PV- Anlagen gibt es derzeit in Deutschland. 31% davon befinden sich im Besitz von Privatpersonen, etwa 26% ist Eigentum von Gewerbebetrieben und 17% sind in Händen von Landwirten. Große EVU wie Eon, RWE, EnBW und Vattenfall haben hingegen nur einen kleinen prozentualen Anteil (0,2%) an Solarstrom-Anlagen. Allerdings haben diese Unternehmen den Hauptmarktanteil mit etwa 80%. Durch den Ausbau der PV kann die einseitige Struktur des Energieversorgungsmarktes aufgebrochen und demokratisiert werden.

- Strom da erzeugen wo er verbraucht wird.

In Deutschland speisen über 98% der Photovoltaikanlagen in das Niederspannungs- und Mittelspannungsnetz dezentral ein. Darüber werden unter anderem private Haushalte mit Strom versorgt. Der Verbrauch von Solarstrom erfolgt somit gleich vom Anlagenbetreiber oder in der unmittelbarer Nähe.

- Umweltfreundliche und erneuerbare Stromproduktion.

Die mittlere jährliche Sonneneinstrahlung liegt in Deutschland zwischen 950 und 1.250 kWh/m<sup>2</sup>. Abhängig vom Standort können jährlich daraus mittlerweile rund 800 bis 1.050 kWh Strom pro kWp Anlagenleistung produziert werden.

Es wird kein CO<sub>2</sub> noch werden Schadstoffe wie beispielsweise Schwermetalle oder Stickoxide ausgestoßen. Somit wird ein immer größerer Anteil an Schadstoffemissionen vermieden. 18 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen konnten 2012 durch PV eingespart werden.

- **Rentabilität**

Bei den derzeitigen Einspeisevergütungssätzen sind je nach Anlagenkosten und Standort Renditen von 4 bis 10 Prozent möglich.

- **Immer günstiger und effektiver**

Innerhalb der letzten 10 Jahre konnten die Wirkungsgrade von Solarzellen um mehr als 20% erhöht werden. Je nach Solarzellentyp liegt die Energierücklaufzeit von Photovoltaikanlagen zwischen 1 bis 4 Jahren. Auch die PV-Modulpreise sinken jährlich um ca. 10%.<sup>27</sup>

### **3.1.2 Contra- Argumente**

- **Die Förderung erhöht den Strompreis.**

Für den Ausbau sollen die Förderkosten auf die Stromkunden mit Hilfe der EEG-Umlage verteilt werden. 2013 waren es rund 5,27 Ct/kWh und 2014 ein Anstieg auf 6,24 Ct/kWh.

Jedoch ist dabei zu beachten, dass für die Strompreiserhöhungen des Haushaltsstroms die EEG-Umlage nur anteilig verantwortlich ist. Die Umlage ist seit dem Jahr 2000 um 5,2 Ct/kWh gestiegen, der verbleibende Anteil der Kosten des Haushaltsstrompreises erhöhte sich um 7 Ct/kWh. Außerdem ermäßigt die Vermarktung des erneuerbaren Energiestroms den Börsenstrompreis. Jedoch wird dieser Preisrückgang nur spärlich von den EVUs an private Stromkunden weitergegeben.

Eine Studie des BEE hat ermittelt, dass etwa 2,6 Ct/kWh der EEG-Umlage 2014 unmittelbar der EE-Förderung anzurechnen ist. Der Zubau von PV ist dabei nicht für den rapiden Anstieg verantwortlich. 2013 gab es einen Anteil an der Solarförderung von 1,38 Ct/kWh und 2014 ist er mit 1,40 Ct/kWh fast gleich hoch.<sup>28</sup>

---

<sup>27</sup> Staatliche Förderprogramme für energieeffizientes Bauen und Sanieren  
URL: <http://www.effizienzhaus-foerderung.info/photovoltaik/pro-contra-photovoltaik-vorteile-und-nachteile-von-photovoltaikanlagen/>, Stand 08.02.2014

<sup>28</sup> Ronny Kieseewetter: Pro und Contra  
URL: <http://www.photovoltaik-profit.de/Bas/H/impressum.htm>, Stand 08.02.2014

Ein Großteil der EEG-Umlagen fällt indirekten Faktoren zu, die mit den Kosten der Energiewende zu tun haben, wie beispielsweise der nächstjährigen Erhöhung aufgrund des fallenden Börsenstrompreises. Daraus resultiert ein notwendiger Ausgleich des Umlage-Kontostandes (Merit-Order-Effekt) und eine notwendige Liquiditätsreserve.

Die "Industrieförderung", welche von gewerblichen und privaten Stromkunden 2013 bezahlt wurde, betrug rund 1,3 Ct/kWh der EEG-Umlage. Der Anteil des "Merit-Order-Effekt-Paradoxons" etwa 1,5 Ct/kWh.

- Die Erzeugung von Solarstrom ist zu teuer.

In Deutschland liegen mittlerweile die Produktionskosten für den solar erzeugten Strom weit unter dem Niveau der Haushaltsstromkosten (rund 27,5 Ct/kWh), sogar bei kleinen Aufdach- PV- Anlagen. Je nach Investitionskosten und Standort lagen sie 2012 bei 14 bis 20 Ct/kWh, laut einer Studie des ISE Fraunhofer. Die PV hat somit schon 2012 die Netzparität verglichen zum Haushaltstrom deutlich unterschritten.

- Hauptsächliche Schaffung von Arbeitsplätzen durch die PV-Förderung im Ausland.

Die deutsche PV-Branche beschäftigte im Jahr 2012 rund 100.000 Menschen. Die erwirtschaftete Wertschöpfung lag bei ca. 19 Mrd. Euro. 2010 war zwar der Export von PV-Modulen mit 5,5 Mrd. Euro deutlich unter dem Import mit 11,6 Mrd. Euro, dennoch ist die deutsche Photovoltaikindustrie in der Wechselrichterproduktion und im Anlagenbau weiterhin Weltmarktführer und das mit einer gut 50% Exportquote.

Der Wertschöpfungsanteil von der deutschen PV- Branche beträgt bei einer im Jahr 2011 in Deutschland errichteten PV-Anlage durchschnittlich etwa 70%.

- Brandrisiko

Wie andere stromleitende Komponenten können auch Brände durch PV-Anlagen ausgelöst werden. Erfolgt die Installation sachgemäß, ist das Brandrisiko sehr gering. Allerdings kann eine Photovoltaikanlage auf dem Dach die Feuerwehr bei den Löscharbeiten behindern.

- Hohe Netzausbaukosten durch PV.

Überwiegend erfolgt die Einspeisung auf der Ebene der Mittel- und Niederspannungsnetze. Bei einer gleichmäßigen Verteilung der PV- Leistung wäre ein kostenaufwendiger Ausbau von Überlandnetze nicht unbedingt notwendig. Allerdings kann durch eine Ansammlung von PV-Anlagen in einigen Gebieten Deutschlands eine Verstärkung des Niederspannungsnetzes erforderlich sein.

Langfristig gesehen werden zur verbesserten Integration von Solarstrom netztechnische Maßnahmen, wie Stromspeicher und intelligente Stromnetze notwendig sein.

- Gefährdung der Netzstabilität bzw. der Versorgungssicherheit.

Die Ursache für die Gefährdung der Netzstabilität liegt in einem Planungsfehler bezüglich der Netzintegration von PV- Anlagen. Da bisher wurden alle PV- Anlagen gleichzeitig bei einer 50,2 Hz Netzfrequenz abgeregelt. Damit erhöhte sich das Risiko für einen abrupten Netzfrequenzabfall und somit war auch ein teilweiser Zusammenbruch der Stromversorgung möglich.

Neu installierte Solarstromanlagen müssen seit dem 1. Januar 2012 eine technische Einrichtung enthalten die den Netzbetreibern eine ferngesteuerte Frequenzregelung ermöglicht um die Netzstabilität zu erhalten (EEG 2012, § 6, Abs. 2).

Bei PV- Anlagen bis 30 kWp kann somit wahlweise die Wirkleistung auf 70% der Anlagenleistung gemindert werden. Durch diese Maßnahme besteht keine Gefährdung mehr für die Versorgungssicherheit bei einem weiteren Ausbau der PV.<sup>29</sup>

### 3.1.3 Fazit

Zusammenfassend kann man sagen, dass der Durchbruch der Solarstromerzeugung erreicht ist. Lange Zeit hing diese von der Einspeisevergütung und der Förderung durch das EEG ab, doch nun ist der Sprung zur selbstständigen Marktreife geschafft. Mittlerweile liegen die Produktionskosten und die PV-Vergütung weit unter dem Preis für Haushaltsstrom. Eine kontinuierliche Preissenkung ist weiterhin zu erwarten. Schlussendlich ist es ein klares pro Photovoltaik.

---

<sup>29</sup>

Ronny Kiesewetter: Pro und Contra

URL: <http://www.photovoltaiik-profit.de/Bas/H/impressum.htm>, Stand 08.02.2014

## 3.2 Entscheidungskriterien und Planung

### 3.2.1 Art der PV- Anlage

Nach Auswertung der Vor- und Nachteile stellt sich nun die Frage für welche Art einer PV- Anlage man sich entscheidet. Die Möglichkeiten dafür sind vielseitig. Man kann wählen zwischen Aufdach-Anlagen, Indach-Anlagen, Fassadenanlagen, Freiflächenanlagen oder einer Beteiligung an einer Gemeinschaftsanlage wie beispielsweise auf einer Schule, dem Gemeindehaus oder ähnlichem.

Im Schrägdachbereich kommt neben einer Aufdachmontage auch eine in das Dach integrierte Lösung der PV zum Einsatz. Die Montagesysteme lassen sich sowohl im Altbau, als auch im Neubau nachträglich auf, bzw. in das Dach montieren. Welche der beiden Montagemaßnahmen letztlich gewählt wird, hängt abgesehen von optischen Ansprüchen auch vom eingeplanten Budget ab.

Zu beachten ist auch, ob aufgrund der bisherigen Lebensdauer des Gebäudes eine Dachsanierung ansteht. Wenn die Dacheindeckung noch gut ist, ist eine Aufdachmontage eher zu empfehlen. Muss das Dach jedoch neu gemacht werden, kann eine Indach-Anlage fast kostenneutral gegenüber hochwertiger Module für Aufdachmontage sein.<sup>30</sup>



Abbildung 3: Aufdachanlage

Quelle: URL: <http://www.sonnensauger.de/site/anlagen.htm>



Abbildung 4: Indachanlage

Quelle: URL: <http://www.bloomelektrik.de/uploads/pics/3-5-12-Wohngebaeude.jpg>

Die Größe der Dachfläche ist natürlich entscheidend für den Energieertrag. So benötigt man beispielsweise eine 20 m<sup>2</sup> Fläche für eine 2kW-Anlage. Im allgemeinen gilt die Regel das 10 m<sup>2</sup> für 1kW notwendig sind. Für die Rentabilität der Anlage sind auch die Höhe und die Zugänglichkeit des Daches entscheidend. Je höher das Dach ist, umso größer ist der Aufwand und umso größer sind die Kosten. Ist es schwer zugänglich kann es auch zu Mehrkosten kommen.

<sup>30</sup> Vgl. Viktor Wesselak, Sebastian Voswinkel: Photovoltaik. Springer 2012, Band 2, S. 94 ff.

### 3.2.2 Azimut- und Neigungswinkel

Um außerdem einen möglichst großen Ertrag zu erreichen müssen Module und Kollektoren entsprechend ausgerichtet werden. Entscheidend dafür ist außer dem Einfallswinkel der Sonne auch der sogenannte "Azimutwinkel" und der Neigungswinkel. Der Azimutwinkel bestimmt, um wie viel Grad die Flächen von Modul oder Kollektor von der exakten Südausrichtung (0 Grad) abweichen. Der Neigungswinkel bestimmt hingegen die horizontale Abweichung. Durch eine Vielzahl von Untersuchungen ist bekannt, dass eine optimale Ausrichtung erreicht wird, bei einem Azimutwinkel von  $0^\circ$  und einem Neigungswinkel um  $30^\circ$ .<sup>31</sup>

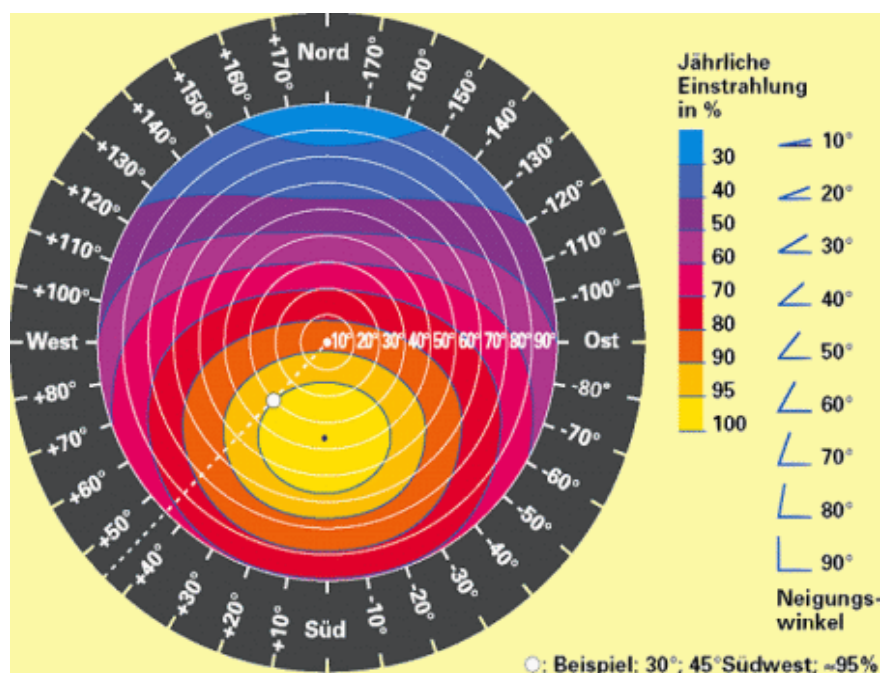


Abbildung 5: Azimut- und Neigungswinkel,

Quelle: URL: <http://www.ing-büro-junge.de/assets/images/Einstrahlung-Abhangig-klein.gif> <sup>32</sup>

<sup>31</sup> Tanju Doganay: Projektierung von Photovoltaik-Großanlagen: Planung und Errichtung. GRIN Verlag 2010, S. 95 ff.

<sup>32</sup> Grafik jährliche Einstrahlung, Viessmann  
URL: <http://www.ing-büro-junge.de/assets/images/Einstrahlung-Abhangig-klein.gif>,  
Stand 08.02.2014

### 3.2.3 Standort

Letztendlich ist jedoch der Standort einer PV- Anlagen ausschlaggebend. Überall in Deutschland sind die Einstrahlungswerte ausreichend für eine rentable Betreibung einer PV- Anlage. Natürlich sind im Norden die Einstrahlungswerte geringer als im Süden Deutschlands. Das hängt mit der Entfernung zum Äquator zusammen. Je näher sich der Standort am Äquator befindet, desto steiler verläuft die Bahn der Sonne. Somit müssen die Sonnenstrahlen einen kürzeren Weg durch die Erdatmosphäre zurücklegen.<sup>33</sup>

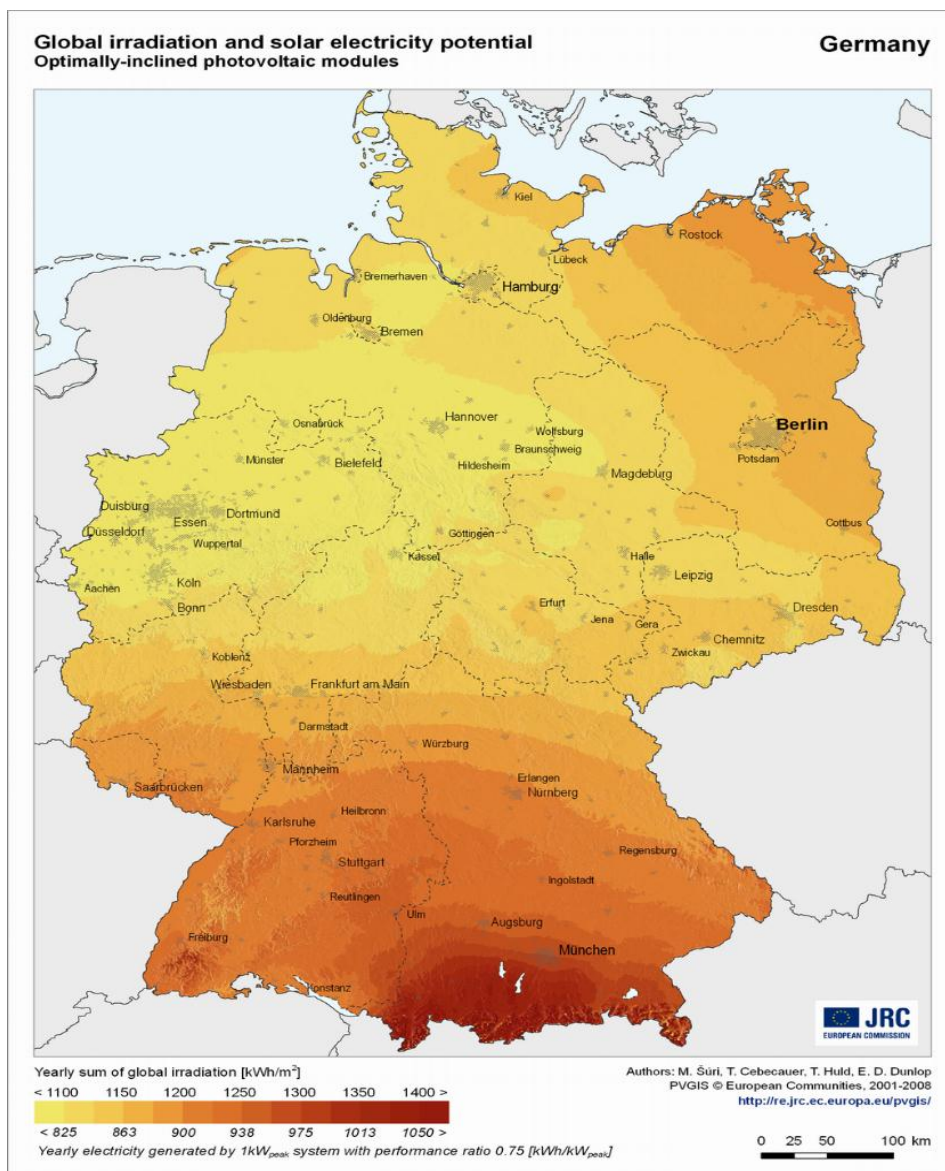


Abbildung 6: Standorte in Deutschland

Quelle: URL: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu\\_opt/pvgis\\_solar\\_optimum\\_DE.png](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_opt/pvgis_solar_optimum_DE.png)



### 3.2.4 Einspeisevergütung für PV 2013 / 2014

Die Vergütungssätze der Einspeisung haben natürlich eine Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit einer PV- Anlage. Die Bundesnetzagentur gibt jeweils die aktuellen Sätze der Einspeisevergütung bekannt. Seit Mai 2012 wird monatlich die Einspeisevergütung für Freiflächenanlagen und Dachanlagen abgesenkt (Degression). Die prozentuale Absenkung ist variabel und abhängig von dem Zubau der PV- Leistung innerhalb eines bestimmten Zeitraums. Jedoch wird ein Wert von 1% als Grunddegression angesetzt. So wurde beispielsweise bis zum 31. Oktober 2012 die Einspeisevergütung strikt um 1% pro Monat gesenkt. Ab dem 01. November 2012 dann monatlich variabel.

Am 31. Oktober 2013 wurden die Vergütungssätze für November 2013 bis Januar 2014 veröffentlicht. Ende Januar 2014 wird dann die Einspeisevergütung für die folgenden 3 Monate bekannt gegeben. Der nachfolgenden Übersicht ist zu entnehmen, dass sich gegenüber dem Vormonat die Einspeisevergütung um 1,4% verringert hat.<sup>34</sup>

<u>Monat</u>	<u>Art der Anlage</u>	<u>Größe in kWp</u>	<u>Vergütung (Cent/kWh)</u>	<u>Degression</u>	<u>Vergütete Strommenge</u>
<u>Einspeisevergütung Januar 2014</u>	<u>Dachanlage</u>	<u>bis 10</u>	<u>13,68</u>	<u>1,4%</u>	<u>100%</u>
		<u>10 bis 40</u>	<u>12,98</u>		<u>90%</u>
		<u>40 bis 1.000</u>	<u>11,58</u>		<u>100%</u>
		<u>1.000 bis 10.000</u>	<u>9,47</u>		<u>100%</u>
	<u>Freiflächenanlage</u>	<u>bis 10.000</u>	<u>9,47</u>		<u>100%</u>
<u>Einspeisevergütung Dezember 2013</u>	<u>Dachanlage</u>	<u>bis 10</u>	<u>13,88</u>	<u>1,4%</u>	<u>100%</u>
		<u>10 bis 40</u>	<u>13,17</u>		<u>90%</u>
		<u>40 bis 1.000</u>	<u>11,74</u>		<u>100%</u>
		<u>1.000 bis 10.000</u>	<u>9,61</u>		<u>100%</u>
	<u>Freiflächenanlage</u>	<u>bis 10.000</u>	<u>9,61</u>		<u>100%</u>

Tabelle 1: Einspeisevergütung für PV 2013 / 2014

<sup>34</sup>

Solaranlagen Portal: URL: <http://www.solaranlagen-portal.com/blog/photovoltaik-einspeiseverguetung-november-2013-januar-2014-14-degression/>, Stand 13.02.2014

Für Dachanlagen gibt es vier Vergütungsklassen. Einmal bis 10 kW, von 10 bis 40 kW, von 40 bis 1.000 kW und von 1.000 kW bis 10.000 kW. Sobald Freiflächenanlagen oder auch Dachanlagen eine Leistung von 10.000 kW überschreiten, erhalten diese keine Einspeisevergütung.

Auch der selbst verbrauchte Strom einer PV- Anlage wird nicht mehr vergütet.

### 3.2.5 Eigenverbrauch

Das Thema Eigenverbrauch bei PV- Anlagen wurde in den letzten Jahren oft diskutiert. Zum einen gibt es heute Anlagenbetreiber die vergütet werden für jede eigenverbrauchte kWh und zum anderen Anlagenbetreiber die keine Vergütung bekommen.

Diejenigen die eine PV- Anlage zwischen dem 01.01.2009 und 31.03.2012 in Betrieb nahmen, bekommen für den Eigenverbrauch auch Geld. Durch eine Übergangsregelung bekommen außerdem noch die Anlagen eine Eigenverbrauchsvergütung, die zwischen dem 01.04.2012 und 30.06.2012 ihren Betrieb aufnahmen. Voraussetzung dafür war jedoch, dass ein Netzanschlussbegehren noch vor dem 24.02.2012 gestellt werden musste. Alle PV- Anlagen, die danach oder davor ihren Betrieb aufnahmen, bekommen keine Vergütung für selbst verbrauchten Strom.<sup>35</sup>

Jede Neuanlage dessen Inbetriebnahme im April 2012 war, fällt unter das Marktintegrationsmodell. Dieses beinhaltet, dass Dachanlagen deren Nennleistung zwischen 10 und 1.000 kWp ist, für insgesamt 10 % des jährlich erzeugten Stroms, keine Einspeisevergütung erhalten. Somit muss dieser Anteil im Prinzip selbst verbraucht werden, da eine Selbstvermarktung für die meisten Anlagenbetreiber nicht zu realisieren ist. Diese Regelung gilt seit dem 01.01.2014.<sup>36</sup>

Grade für Neuanlagen gestaltet sich der Eigenverbrauch immer lohnenswerter trotz der ausbleibenden Vergütungsregelung. Die Vergütung für den eingespeisten Strom ist derzeit so niedrig, dass es sich immer mehr lohnt den Strom auch selber zu verbrauchen und somit den Netzstrombezug größtenteils zu sparen. Erforderlich dafür sind allerdings Stromspeicher.

---

<sup>35</sup> Solar Consult. URL: <http://www.solarconsult.de/index.php?index=1&lng=de&menuid=221>, Stand 16.02.2014

<sup>36</sup> Vgl. Dominik Modrach: Solarunternehmer: Geld verdienen und sparen mit selbst produziertem Solarstrom. Epubli 2013

Seit Mai 2013 werden diese vom Staat gefördert, aber nur für Anlagen bis zu einer Nennleistung von 30 kWp und außerdem nur für Anlagen die ab dem 01.01.2013 in Betrieb genommen wurden. Damit soll ein Ausgleich für die Bezuschussung des Eigenverbrauchs geschaffen werden, denn die Anlagen, welche noch eine Vergütung für den eigen verbrauchten Strom bekommen, sind von der Förderung eines Stromspeichers ausgeschlossen.<sup>37</sup>

### Eigenverbrauchszähler

Die Bedeutung von Eigenverbrauchszähler wird immer größer. Bei Anlagen die noch für den eigens verbrauchten Strom vergütet werden, ist es wirtschaftlich gesehen am sinnvollsten, einen möglichst hohen Anteil des Stroms selbst zu nutzen, um nicht den ortsüblichen Preis für Haushaltsstrom bezahlen zu müssen. (+25 Ct / kWh) Für PV-Anlagen die ab sofort gebaut werden, gibt es nur noch für 90% bzw. 80% des jährlich produzierten Stroms eine Einspeisevergütung. Der Gesetzgeber möchte mit dieser Regelung ganz bewusst den Eigenverbrauch erhöhen, auch noch über einen 20 prozentigen Anteil hinaus, denn die derzeitige Einspeisevergütung beträgt weniger als 15 Ct / kWh. Anstatt den selbst produzierten Strom zu verkaufen für weniger als 15 Ct und den Haushaltsstrom für teilweise mehr als 25 Ct / kWh wieder beim Stromversorger einzukaufen, ist es sinnvoll, diesen "kostenlos" zu nutzen. Zur Steigerung des Eigenverbrauchs ist derzeit die Produktion und Forschung immer besserer Stromzähler und Stromspeicher in vollem Gange.<sup>38</sup>

---

<sup>37</sup> Förderung der KfW- Banken:

URL: <http://www.energieheld.de/photovoltaik/stromspeicher/foerderungen>, Stand 16.02.2014

<sup>38</sup> Energetisch bauen und sanieren. URL: <http://www.enbausa.de/solar-geothermie/fotovoltaikeinspeiseverguetung.html>, Stand 16.02.2014

### SMA Eigenverbrauchszähler

Das Unternehmen SMA hat ein System, welches für den Haushalt ein intelligentes Energiemanagement anbietet. Hier wird ein Eigenverbrauchszähler "Sunny Home Manager" verwendet.



Abbildung 7: Sunny Home Manager

Quelle: URL: <http://static.webshopapp.com/shops/022986/files/008693144/sma-sunny-home-manager.jpg>

Kombiniert man den Sunny Home Manager mit dem PV- Wechselrichter so wird eine Überwachung, Analysierung und Visualisierung der im Haushalt relevanten Energieflüsse sichergestellt. Außerdem ermöglicht er Prognosen über die PV-Erzeugung und Verbrauch. Auch die Einbindung von Speichersysteme ist möglich wodurch eine intelligent Planung erfolgen kann. Des Weiteren werden auch lokale Wettervorhersagen nutzbar gemacht um einen Ausblick über die zu erwartenden Erträge bei der PV-Erzeugung geben zu können. Auch variable Bezugsstromtarife werden berücksichtigt wodurch ein ganzheitliches Lastmanagement betrieben werden kann.<sup>39</sup>

---

<sup>39</sup> URL: <http://www.sma.de/produkte/monitoring-systems/sunny-home-manager.html>,  
Stand 01.04.2014

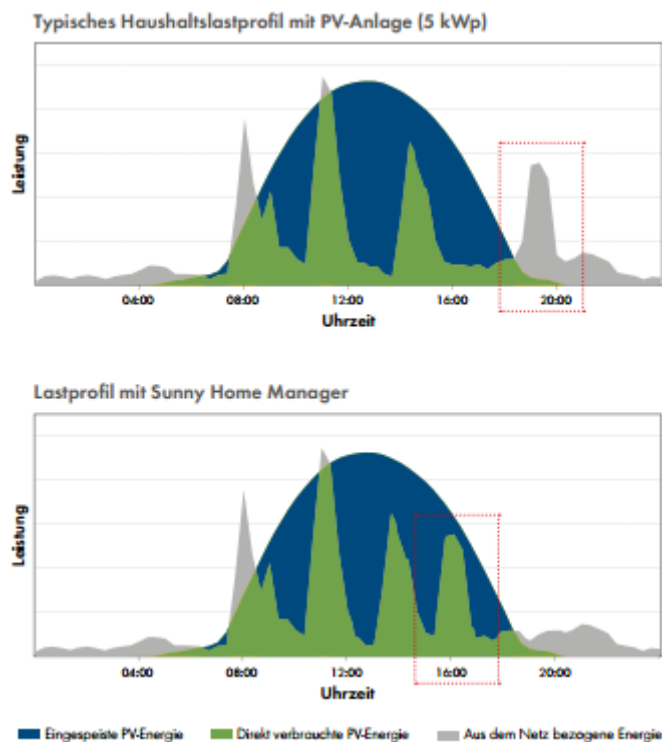


Abbildung 8: Haushaltslastprofile

Quelle: URL: [http://files.sma.de/dl/2485/SMART\\_HOME-KDE140551W.pdf](http://files.sma.de/dl/2485/SMART_HOME-KDE140551W.pdf)

Entsprechende Verbraucher werden über die SMA Funksteckdosen vom Sunny Home Manager geschaltet. Die SMA Funksteckdose zur Verbrauchersteuerung fungiert außerdem als Repeater und ermöglicht somit eine reibungslose Vernetzung. Der Sunny Home Manager kann somit Geräte der Klima-, Lüftungs- und Heizungstechnik oder entsprechende Haushaltsgeräte ins Energiemanagement integrieren.

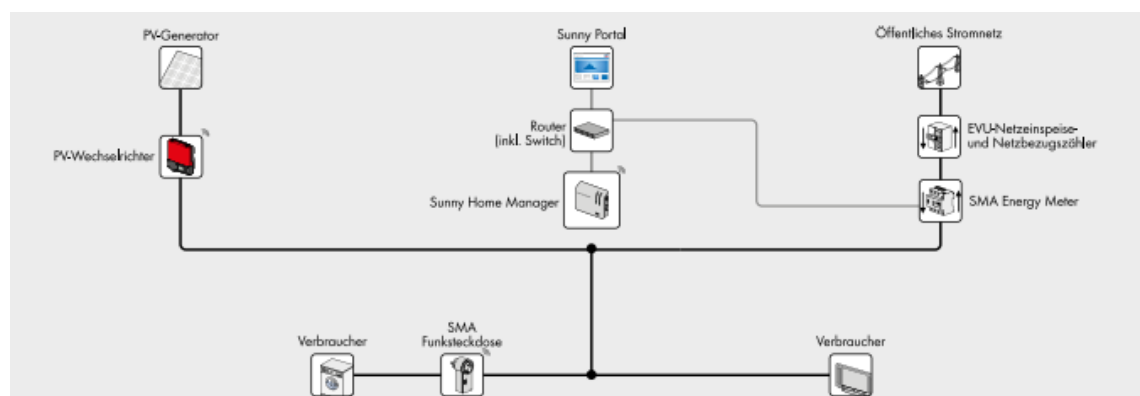


Abbildung 9: Schaltbild mit Sunny Home Manager

Quelle: URL: <http://files.sma.de/dl/1353/SI-HoMan-PL-de-20.pdf>

Um den Sunny Home Manager bedienen zu können, ist ein Webbrowser notwendig. Ist dieser vorhanden kann man von zu Hause mit dem Computer oder unterwegs mit dem Smartphone alles steuern. Bei der Installation werden ein Internetzugang und eine Datenverbindung zu den Stromzählern benötigt.

Daten von bis zu 3 Stromzählern werden von dem Sunny Home Manager ausgewertet. Durch die Tatsache, dass er außer analoge auch digitale Zählerschnittstellen besitzt, werden Energieflussdaten sekundlich verarbeitet wodurch eine effektive Verbrauchersteuerung gewährleistet wird. Die SMA Funksteckdosen haben eine integrierte Messfunktion. Sie ermitteln somit den genauen Energiebedarf hinsichtlich der Gerätelastprofile und erhöhen dadurch die Planungsexaktheit.<sup>40</sup>

### Stromspeicher

Aus wirtschaftlichen und idealistischen Gründen sind Solarstromspeicher immer wichtiger für PV Anlagenbesitzer geworden. Sie ermöglichen wesentlich mehr Strom selber zu verbrauchen und machen sich somit auch unabhängiger von steigenden Strompreisen.

Noch vor nicht als so langer Zeit dachte man überhaupt nicht an das Speichern von PV Strom. Man wollte so viel von dem erzeugten Strom in das Netz einspeisen, da die Einspeisevergütung noch weit über dem Preis von Haushaltsstrom lag. Sobald eine PV- Anlage abbezahlt war, konnte man eine ordentliche Rendite erzielen, indem man den Strom zu hohen Preisen an den Netzbetreiber verkaufte und den günstigeren Haushaltsstrom einkaufte.

Bei Anlagen die aufgrund ihrer Inbetriebnahme noch eine Eigenverbrauchsvergütung bekommen, kann das Speichern von PV Strom auch sinnvoll sein, denn die Eigenverbrauchsvergütung ist gestaffelt in Eigenverbrauchsanteile. (unter 30% mit geringerer Vergütung und über 30% mit höherer Vergütung) Bei einem höheren Eigenverbrauchsanteil ermöglicht das mehr Geld für seinen selbst verbrauchten Strom zu bekommen. Photovoltaik Anlagen, die seit April 2012 in Betrieb genommen wurden, erhalten wie schon erwähnt keine Eigenverbrauchsvergütung mehr und die Einspeisevergütung wird auch immer geringer.<sup>41</sup>

---

<sup>40</sup> URL: <http://www.sma.de/produkte/monitoring-systems/sunny-home-manager.html>,  
Stand 01.04.2014

<sup>41</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:  
URL: [https://www.clearingstelle-eeg.de/files/01\\_Vortrag\\_Viertl.pdf](https://www.clearingstelle-eeg.de/files/01_Vortrag_Viertl.pdf), Stand 01.04.2014

Für diese Anlagen ist der Anreiz natürlich viel größer einen Solarstromspeicher zu integrieren und den Eigenverbrauch zu erhöhen, solange die Spannweite zwischen den Kosten für Haushaltsstrom und den Einnahmen aus der Einspeisevergütung immer weiter wächst. Für alle die zukünftig eine PV- Anlage in Betrieb nehmen wollen ist zu empfehlen, einen Solarstromspeicher in die Planung einzubeziehen. Durch Solarstromspeichern ist je nach Auslegung ein Eigenverbrauchsanteil bis nahezu 100% machbar.

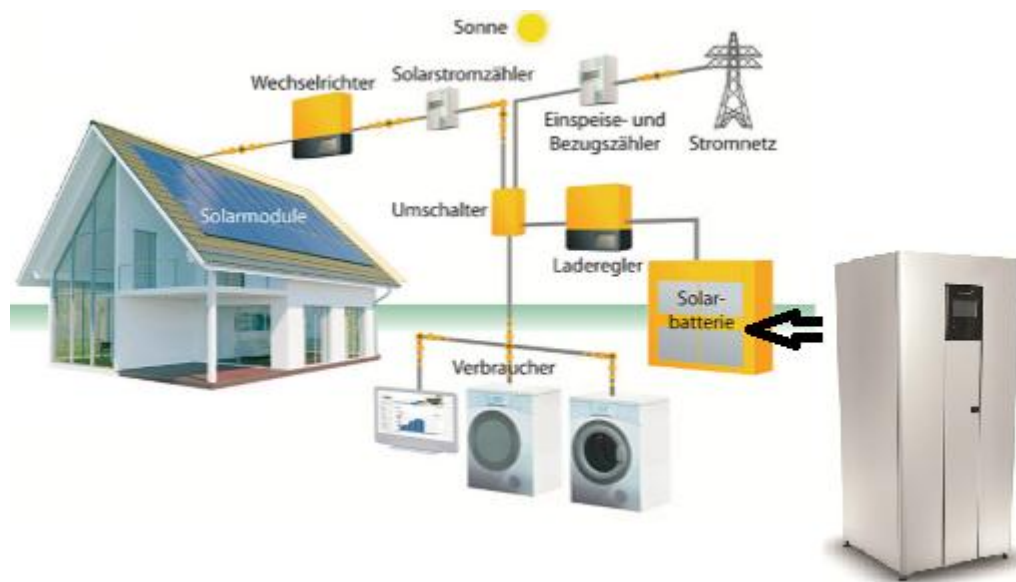


Abbildung 10: PV mit Solarstromspeicher- Funktion

Quelle: URL: [https://www.schwaebisch-hall.de/ham/img/heizung-energie/photovoltaik/\\_zusatzbeitraege/sonnenstrom-speicher/Solarstromspeicher-Funktion.jpg](https://www.schwaebisch-hall.de/ham/img/heizung-energie/photovoltaik/_zusatzbeitraege/sonnenstrom-speicher/Solarstromspeicher-Funktion.jpg)

Abbildung 11: Solarstromspeicher

Quelle: URL: [http://1.bp.blogspot.com/-Gv\\_LRJpc34g/UPfYlp3rYPI/AAAAAAAJQk/YjK0FpBZST4/s1600/solarstrom-speicher.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-Gv_LRJpc34g/UPfYlp3rYPI/AAAAAAAJQk/YjK0FpBZST4/s1600/solarstrom-speicher.jpg)

Es gibt eine Steuerungseinheit im Solarstromspeicher. Diese regelt den Stromfluss zwischen der PV- Anlage, dem Haushalt, dem Speicher und der Einspeisung ins öffentliche Stromnetz. Als erstes wird von der Speicher-Steuerung ermittelt ob der produzierte Strom im Augenblick in dem Haushalt verbraucht werden kann, z.B. für die Waschmaschine. Sobald die Stromproduktion den benötigten Verbrauch übersteigt, wird der Solarstromspeicher aufgeladen. Wenn der Speicher voll aufgeladen ist und die PV- Anlage noch immer mehr Strom produziert als im Haushalt gebraucht wird, wird der überschüssige Strom in das Netz eingespeist. Die Speicherkapazität wird so ausgelegt, dass der Haushalt von abends bis morgens, wenn die PV- Anlage kein Strom produziert, mit Strom aus dem Speicher versorgt wird. Falls durch eine hohe Spitzenlast die Batterie vorzeitig leer sein sollte, wird zusätzlich auf Netzstrom zurückgegriffen.

Die Kosten für Solarstromspeicher für ein Einfamilienhaus liegen in Abhängigkeit ihrer Leistung zwischen 6.000€ und 15.000€.

Dabei kommt es auf Kennzahlen wie beispielsweise die maximale Entladeleistung und die nutzbare Speicherkapazität an. Seit Mai 2013 ist es möglich die Anschaffungskosten zu senken, indem man eine Förderung beantragt. Bei bestehenden Anlagen die mit einem Speicher nachgerüstet werden sollen, bekommt man bis zu 660€ pro kWp PV-Leistung. Wird eine PV-Anlage mit Speicher gebaut, gibt es bis zu 600€ pro kWp PV-Leistung. Bei einer PV Anlage mit 5 kWp Leistung können sich die Anschaffungskosten für den Solarstromspeicher so um bis zu 3.300€ bei einer Nachrüstung und bis zu 3.000€ bei einer Neuanschaffung senken lassen.<sup>42</sup>

Nachfolgend werden Daten und Größen aufgezeigt die das Leistungsvermögen und Leistungsverhalten einer Solarbatterie beschreiben:

### Batterietechnologie

Entweder arbeiten Batteriespeicher mit Lithium-Ionen oder auf Blei-Basis. Die Blei-Akkus sind länger im Einsatz doch der Wirkungsgrad von Lithium-Ionen-Akkus ist größer. (Blei ca. 75%; Lithium-Ionen >90%)

### Speicherkapazität (Nennkapazität)

Diese gibt an, wie viel Strom die Solarbatterie mit einer kompletten Aufladung speichern kann. Sie wird in kWh angegeben.

### Entladetiefe

Solarbatterie können nicht zu 100% entladen werden da die Batterie sonst beschädigt würde. Die Entladetiefe gibt an wie viel % der gespeicherten Strommenge beim Entladevorgang verwendet werden kann. Je nach Hersteller sind es zwischen 50% und 90%.

### Nutzbare Speicherkapazität

Hier wird gegenüber der Speicherkapazität auch die Entladetiefe berücksichtigt. Sie beschreibt die wirklich verwendbare Kapazität einer Solarbatterie.

---

<sup>42</sup> Speichersysteme Cenpac Storage. URL: <http://www.centrosolar.de/index.php?id=2027>,  
Stand 03.04.2014



Beispiel: bei einer Speicherkapazität von 8 kWh und einer Entladetiefe von 70%, können 5,6 kWh von der Batterie zur praktischen Verwendung gespeichert werden (70% von 8 kWh).

### Vollzyklus

Der Vollzyklus beschreibt den Ladevorgang von der Entladetiefe zur vollständigen Aufladung der Batterie

### Maximale Lade / Entladeleistung & C-Rate

Im Haushalt kann es durch große technische Geräte die kurzfristig viel Strom benötigen zu Lastspitzen kommen. Der maximalen Entladeleistung ist zu entnehmen, ob diese vollständig durch den Batteriespeicher abgedeckt werden können. Die C-Rate gibt dabei an, wie schnell die Batterie entlädt im Verhältnis zu der Speicherkapazität. Der Wert von 1C wird bei der vollständigen Entladung eines Batteriespeichers innerhalb einer Stunde erreicht. Umgekehrt gibt die maximale Ladeleistung an, wie schnell die Batterie wieder vollständig geladen ist.

### Zyklen Lebensdauer (Anzahl der Vollzyklen)

Derzeit haben Batteriespeicher eine Zyklen Lebensdauer von bis zu 7.000 Vollzyklen. Anschließend beträgt die Kapazität der Batterie noch 80% der eigentlichen Nennkapazität. Somit ist eine Weiternutzung theoretisch auch möglich. Wenn man etwa 250 Vollzyklen im Jahr benötigt, ergibt das bei 7.000 Vollzyklen eine Gebrauchsdauer von 28 Jahren.

Außer den zuvor genannten Größen und Daten sind der Eigenverbrauchsanteil, Autarkiegrad und die Kosten pro gespeicherter kWh entscheidend darüber, wie wirkungsvoll und wirtschaftlich der Einsatz von Stromspeichern ist. Je höher der Eigenverbrauchsanteil und der Autarkiegrad sind, desto wirkungsvoller ist der Einsatz von Stromspeichern. Die Wirtschaftlichkeit eines Batteriespeichers wird daran festgemacht, wieviel eine gespeicherte kWh umgerechnet kostet. Dies lässt sich wie folgt berechnen.<sup>43</sup>

---

<sup>43</sup>

Ecosal: URL: <http://www.ecosal.de/batterie-speicher/zukunft-batterie-systeme/>, Stand 05.04.2014

Zunächst multipliziert man die Nennkapazität mit der Anzahl der Vollzyklen und erhält die theoretisch speicherbare Energiemenge. Anschließend muss die theoretisch speicherbare Energiemenge in die praktisch speicherbare Energiemenge umgerechnet werden, indem man die Entladungstiefe und den Systemwirkungsgrad prozentual abzieht. Wenn man dann die Investitionskosten (Endkundenpreis) durch die praktisch speicherbare Energiemenge teilt, ergibt das den Preis pro gespeicherte Kilowattstunde Strom.<sup>44</sup>

**Beispielrechnung:**

geg.: 13.000€ Investitionskosten                      ges.: Ct pro gespeicherte kWh

7 kWh Nennkapazität

6.000 Vollzyklen

70% Entladungstiefe

90% Systemwirkungsgrad

7 kWh Nennkapazität x 6.000 Vollzyklen = 42.000 kWh theoretische Speichermenge

42.000 kWh theoretische Speichermenge x 70% Entladungstiefe = 29.400 kWh nutzbare Speicherkapazität

29.400 kWh nutzbare Speicherkapazität x 90% Systemwirkungsgrad = 26.460 kWh nutzbare Speichermenge

13.000€ Investitionskosten geteilt / 26.460 kWh nutzbare Speichermenge = 50 Ct pro gespeicherte kWh

Die Preise für die gespeicherte kWh müssen für jeden PV Speicher gesondert errechnet werden. Bisher liegen günstige PV Speicher bei etwa 20 bis 30 Ct pro gespeicherter kWh. Allerdings ist auch eine Preisspanne von 50 bis 60 Ct pro gespeicherte kWh zu erreichen. Die Beispielrechnung zeigt die Faktoren auf, von denen es abhängt.

---

<sup>44</sup> Vgl. Konrad Mertens: Photovoltaik: Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG 2013, S. 250 ff.

Da aktuell viel Bewegung auf dem Markt für Solarstromspeicher herrscht, werden sich die Preise noch weiter entwickeln. Empfehlenswert ist immer eine genaue Preisauskunft bei Solarteuren in der entsprechenden Region. In der Regel weisen die Hersteller von Stromspeicher ihre Preise für Endkunden nicht aus. Sie kommunizieren diese nur gegenüber dem Handwerk.

### 3.2.6 Anschaffungskosten von PV- Anlagen

Im Schnitt sind mehr als 85% der Anschaffungskosten Materialkosten für Wechselrichter, Solarmodule, Solarleitungen, Montagesystem und weitere kleinere Bauteile. Bei Bedarf eines Stromspeichers ist dieser auch hinzuzuzählen.

#### Kosten für Solarmodule

Der Solargenerator, welcher aus den einzelnen Solarmodulen zusammengesetzt ist, bildet dabei den größten Kostenfaktor. Dadurch, dass es monokristalline Module, polykristalline Module und Dünnschichtmodule gibt, bestehen nicht nur Leistungsunterschiede, sondern auch Preisunterschiede. Das begründet sich durch die unterschiedlichen Herstellungsverfahren und den speziellen Eigenheiten der Module. Die Preisspanne für die Module liegt etwa zwischen 1,5 und 2,1 € pro Wp. Wenn also für ein Einfamilienhaus 4000 kWh Strom pro Jahr notwendig sind, belaufen sich die Kosten für die Module somit auf zwischen 5.840 und 8.360 €.

Eine detaillierte Auflistung von derzeitigen Solarmodultypen von den jeweiligen Herstellern mit der Preisangabe pro Wp ist in der Anlage 2 aufgeführt.

#### Kosten für Wechselrichter

Ein Wechselrichter kostet etwa 2.000 €. Dabei machen die Bauteile wie Zähler und Netzanschluss rund 10% der Gesamtkosten aus.

#### Montagekosten

Natürlich entstehen auch Kosten bei dem Errichten einer PV- Anlage. Bei der Montage sollten Kosten von 120 bis 180 € pro installiertem kWp Leistung einkalkuliert werden. Wenn wir uns wieder auf das Beispiel des Einfamilienhauses beziehen, welches eine PV- Anlage mit 4 kWp benötigt, müssen somit zwischen 480€ und 720€ einkalkuliert werden.<sup>45</sup>

---

<sup>45</sup> Ratgeber: URL: <http://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-wirtschaftlichkeit/photovoltaik-anschaffungskosten>, Stand 09.04.2014

### Gesamtkosten

Der Gesamtpreis einer Photovoltaikanlage ist natürlich immer von der gewünschten Leistung und Qualität abhängig. Derzeit kann man mit etwa 1.700 € (ohne Steuer) pro kWp rechnen. Bei einer Anlage mit 4 bis 5 kWp Leistung sind das also Gesamtkosten von 6.800 bis 8.500 €. Anlagen ab einer 10 kWp Leistung kosten rund 2.000 €/kWp.

### Laufende Kosten

Die laufenden Kosten einer PV- Anlage sind im Vergleich zu den Anschaffungskosten niedrig. Pro Jahr kann man mit 2% bis 3% der Anschaffungskosten rechnen.

## 3.3 Berechnung des Energieertrages

Entscheidend für einen hohen Ertrag sind also ein geringer Anschaffungspreis, die fachgerechte Montage, der Standort der Anlage, langlebige Qualitätsprodukte, die Dachneigung und Dachausrichtung, die Globalstrahlung, sowie die Einspeisevergütung als auch der eingesparte Strompreis durch Eigenverbrauch.

Der Ertrag pro Jahr und somit die Rentabilität einer PV- Anlage kann mit folgenden Formeln ermittelt werden:

**Ertrag pro Jahr in kWh/kWp x Leistung der Solaranlage = Gesamtertrag in kWh**

**Gesamtertrag in kWh x Vergütung/Strompreisersparnis pro kWh = Jährlicher Ertrag in Euro.**

### Nachfolgend ein einfaches Rechenbeispiel:

PV-Komplettanlage installiert mit 10 kWp:

PV komplettes Paket (inkl. Transport) = 9000,00 €

Zubehör sowie Kleinmaterial (variiert durch örtliche Gegebenheiten) = 600,00 €

Dachmontage DC (Module und Montagesystem): 2.400 €

elektrischer Anschluss AC (Solarkabel, Wechselrichter, Zählerschrank): 1.000 €

In unserem Berechnungsbeispiel gehen wir von 900 kWh/kWp aus. (Durchschnitt: 900 kWh laut DWD Statistik) Außerdem sollen 75% des produzierten Stroms eingespeist werden. Die anderen 25% werden in dem Beispiel selber verbraucht. Die Einspeisevergütung beträgt 13,68 Ct (Stand Januar 2014). Für die Ersparnis durch den Eigen-

verbrauch werden 27,75 Ct angenommen. Dies ist der aktuelle Wert des Energieversorgungsunternehmens Vattenfall. (Stand Januar 2014)

Rechnungsweg:

Anschaffungspreis:  $9000,00 \text{ €} + 600,00 \text{ €} + 2.400 \text{ €} + 1.000 \text{ €} = 13.000 \text{ €}$

Durchschnittlicher jährlicher Ertrag:  $900 \text{ kWh} \times 10 \text{ kWp} = 9.000 \text{ kWh}$

Anteil der Einspeisevergütung (75%):  $6.750 \text{ kWh}$

Anteil des Eigenverbrauch (25%):  $2.250 \text{ kWh}$

Die durchschnittlich jährliche Einspeisevergütung:  $6.750 \text{ kWh} \times 13,68 \text{ Ct}$  (Stand Januar 2014) =  $923,40 \text{ €}$

Durchschnittlicher jährlicher Eigenverbrauch (Ersparnis):  $2.250 \text{ kWh} \times 27,75 \text{ Ct} = 624,38 \text{ €}$

Jährlicher Ertrag (Einspeisung + Eigenverbrauch zusammen):  $1.547,78 \text{ €}$

Ertrag über 20 Jahre:  $1.547,78 \text{ €} \times 20 \text{ Jahre} = 30.955,60 \text{ €}$

Nettogewinn nach Kapitalrückfluss:  $30.955,60 \text{ €} - 13.000 \text{ €} = 17.955,60 \text{ €}$  (138,12% Gewinn)

Somit amortisiert sich die Anlage nach 8 Jahren und 5 Monaten. (100% Kapitalrückfluss)

Langfristig gesehen, ist weiterhin mit Strompreiserhöhungen zu rechnen. Unter diesen Umständen wird die Rechnung auf Wirtschaftlichkeit einer PV- Anlage immer positiver. Auch die in dem Beispiel dargestellten Anschaffungskosten sind nur Richtpreise und können ortsabhängig variieren. Wenn man beispielsweise einige Installationen und Teile der Elektrik selbst durchführt, kann man somit die Anschaffungskosten verringern und dadurch die Rendite maßgeblich erhöhen.

Die obige Beispielrechnung soll nur der Veranschaulichung dienen und basiert nur auf Theorie. Die tatsächlich möglichen Erträge einer PV- Anlage können durch Witterschwankungen, der verschiedenen Wirkungsgrade von Modulen und weiteren Faktoren abweichen. Das Beispiel ersetzt nicht eine fachtechnische Planung der PV- Anlage.

## 4 Komplexbeispiel am Standort Mittweida

### 4.1 Berechnung mit Hilfe eines Photovoltaikrechners im Internet

In der voran gegangenen Ausarbeitung wurden die Grundlagen zum Verständnis der Thematik erläutert.

In diesem Teil der Arbeit wird darauf abgezielt, den kompletten Verlauf sprich Voraussetzungen, Planung und Durchführung für den Bau einer PV- Anlage auf dem Dach eines Einfamilienhauses durchzuführen. Es soll außerdem die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage zu den derzeitigen Gegebenheiten geprüft werden. Dieses Komplexbeispiel wird anhand von fiktiven Daten untersucht, die unter Absprache mit Prof. Dr.-Ing. Hans-Gerhard Kretzschmar getroffen worden sind.

Folgende fiktive Daten wurden angenommen:

- Einfamilienhaus mit 4 Personen
- Schrägdach
- Nutzbare Dachfläche beträgt 10m x 5m (50m<sup>2</sup>)
- Die Ausrichtung der zu installierenden PV- Anlage ist S (Süd)
- Der Neigungswinkel der Anlage beträgt 30°

In dem Beispiel wurde der Idealfall mit Südausrichtung und 30 Grad Neigung gewählt. Außerdem ist für die Dachfläche keine Beschattung durch Bäume oder ähnliches vorgesehen. Des Weiteren wird in dem Beispiel von einer Eigenkapitalfinanzierung ausgegangen.

#### Vorüberlegung:

An folgende Punkte sollte vorab gedacht werden, wenn man sich dazu entschließt eine PV-Anlage auf das Dach eines Einfamilienhauses installieren zu lassen. Zunächst sollte man bei der Gemeinde- oder Stadtverwaltung ein Gewerbe anmelden. Das Finanzamt sollte man davon unterrichten und angeben, dass man „Vorsteuer berechtigt“ sein will. Dadurch spart man sich bei der PV Anlagenanschaffung die Mehrwertsteuer. Jedoch müssen dann folgerichtig Umsatzsteuerangaben gegenüber dem Finanzamt getätigt werden.

Ist man jedoch beim Kauf gewillt, die Mehrwertsteuer zu zahlen, kann man sich die Arbeit sparen. Dies ist jedoch aus wirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll. Des Weiteren wird eine eingetragene Elektrofirma benötigt, die die Arbeiten an der Netzbetreiberseite des Versorgers durchführt. Außerdem muss beim örtlichen Versorger ein entsprechender Einspeiseantrag gestellt werden. Damit man gegen Schäden an der PV-Anlage abgesichert ist, benötigt man auch eine Versicherung. Zu empfehlen ist außerdem eine Betreiberhaftpflichtversicherung, die Drittschäden absichert. In manchen Fällen muss auch ein Teil von der Investitionssumme über eine Bank sichergestellt werden. Da kann die Hausbank einen günstigen Kredit der KfW-Bank vermitteln. Bei der Lieferung und Montage sollten die Preise und Qualität verglichen werden. Sinnvoll ist es, sich mehrere Angebote einzuholen.

### Ertragsberechnung:

Im Internet lassen sich viele Ertragsrechner für PV finden. In dem voran gegangenen Abschnitt der Arbeit wurde schon im Einzelnen erläutert und dargestellt, welche Berechnungen notwendig sind. Zur Veranschaulichung habe ich einen Photovoltaikrechner ausgewählt, der die entsprechenden notwendigen Fakten bzw. Faktoren abfragt und in die Berechnung einfließen lässt.



PLZ: \* 09648 Ort: Mittweida

Wählen Sie die gewünschte Montageart

☒ Schrägdach ☐ Indach ☐ Flachdach

Sunmodule®

☒ Poly 245 Wp ☐ Mono 245 Wp

Ausrichtung: \* Süden Neigung: (°) \* 30 Dachfläche: (m²) \* 50

The screenshot shows a web-based calculator for solar energy. It includes input fields for the postal code (09648) and location (Mittweida). Under 'Wählen Sie die gewünschte Montageart' (Choose the desired mounting type), three options are shown: 'Schrägdach' (Pitched roof, selected), 'Indach' (Rooftop), and 'Flachdach' (Flat roof). Below this, under 'Sunmodule®', two module types are shown: 'Poly 245 Wp' (selected) and 'Mono 245 Wp'. To the right, a 3D illustration of a house with solar panels on its roof is shown, with a compass indicating North (N), South (S), and West (W). At the bottom, three input fields are shown: 'Ausrichtung: \*' (Orientation) set to 'Süden' (South), 'Neigung: (°) \*' (Tilt) set to '30', and 'Dachfläche: (m²) \*' (Roof area) set to '50'.

Abbildung 12: Screenshot Solarworld Schritt 1

Quelle: URL: <http://www.solarworld.de/service/solarstromrechner/>

In dieser Maske des Solarstromrechners des Anbieters Solar World wurden nun die entsprechenden Daten für unser Komplexbeispiel eingegeben. Der Ort ist Mittweida mit der Postleitzahl 09648. Entsprechend der fiktiven Daten, wurde ein Schrägdach mit 50m² nutzbarer Dachfläche, 30° Neigung und Südausrichtung gewählt. Außerdem werden hier die gewünschten Module abgefragt.

Für die Ertragsberechnung ist außer der Nennleistung, die Sonneneinstrahlung vor Ort wichtig. Anhand der Postleitzahl ermittelt der Photovoltaikrechner die Werte. Die dazu verwendeten Strahlungsdaten basieren in den meisten Fällen auf Daten des European Commission Joint Research Centre. Bekannt ist ja, dass in Deutschland die Mittelwerte zwischen 850 und 1120 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr liegen. Mit welchem Wert dieser Solarstromrechner gerechnet hat wird im Nachgang noch untersucht.

Die nachfolgende Maske des Solarstromrechners zeigt die notwendigen Komponenten für ein fertiges Solarsystem auf. Diese setzen sich aus der Anzahl der benötigten Solarmodule für die entsprechend nutzbare Dachfläche, dem Wechselrichter und der Montage zusammen.



Abbildung 13: Screenshot Solarworld Schritt 2

Quelle: URL: <http://www.solarworld.de/service/solarstromrechner/>

Zu erkennen ist, dass für unser Dach mit einer 50m<sup>2</sup> großen nutzbaren Dachfläche 20 Sonnenmodulplatten benötigt werden. Für die Anschaffung einer kompletten PV-Anlage mit Kabelsätzen, Gestell und Montagematerial, Solar-Modulen und Wechselrichtern werden ca. 900 bis 1300 € netto pro kWp für ein deutsches Markenmodul fällig. Bei der Montage der PV Anlage liegt der Preis für ein Pfannendach bei ca. 160 bis 250 Euro pro kWp. Eternit- oder Metaldächer werden für ca. 100 bis 140 Euro pro kWp montiert.



Die Kosten für den Anschluss ans Versorgernetz und der Umbau der Hausverteilung belaufen sich auf etwa 500 bis 1200 €. Gegebenenfalls kann auch eine Garantieverlängerung für den Wechselrichter für einmalig etwa 1000€ gekauft werden. Geräte die der Überwachung der Anlage dienen, kosten ca. 400 bis 1200 €. Die Anschaffungskosten für unser Beispiel mit 50m<sup>2</sup> nutzbarer Dachfläche (dies entspricht etwa einer installierte Leistung der Anlage mit 5 kWp), müssten somit innerhalb einer Spanne von 6.900€ und 10.600 € liegen.

Nachdem wir nun wissen, mit welchen Werten der Solarstromrechner kalkuliert hat, kommen wir nun zu der Ergebnismaske. Die einzelnen aufgeführten Ergebnisse sind mit roten Zahlen gekennzeichnet, die im Anschluss erläutert werden.

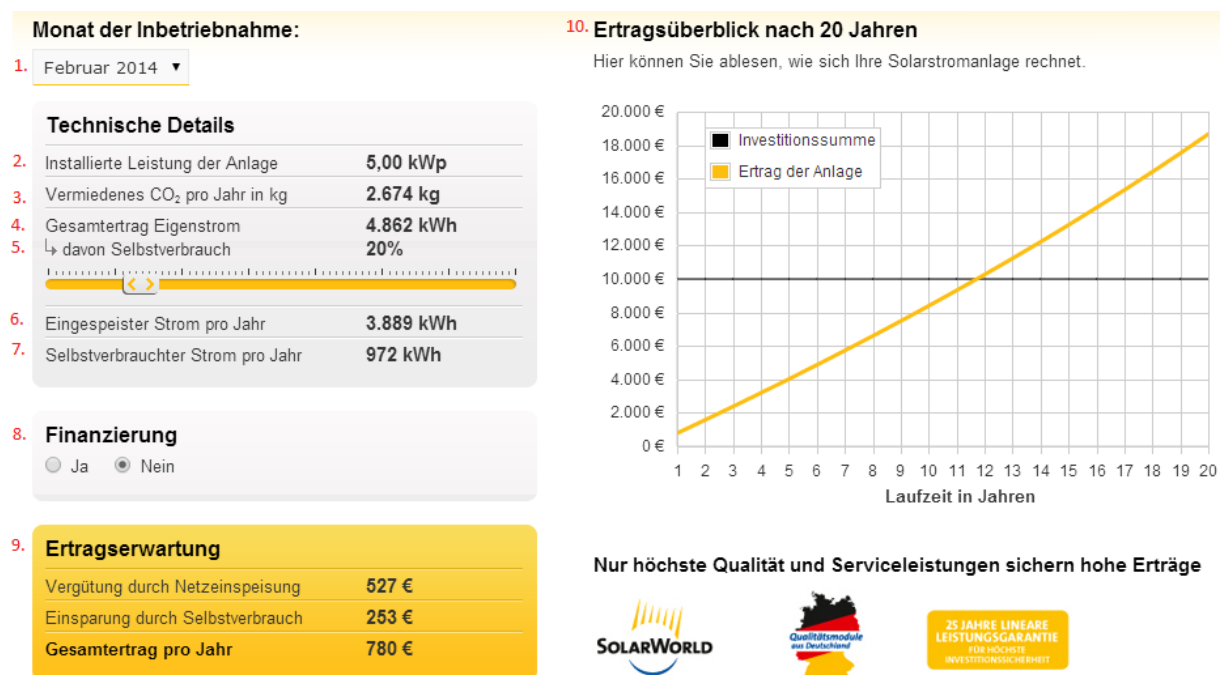


Abbildung 14: Screenshot Solarworld Schritt 3

Quelle: URL: <http://www.solarworld.de/service/solarstromrechner/>

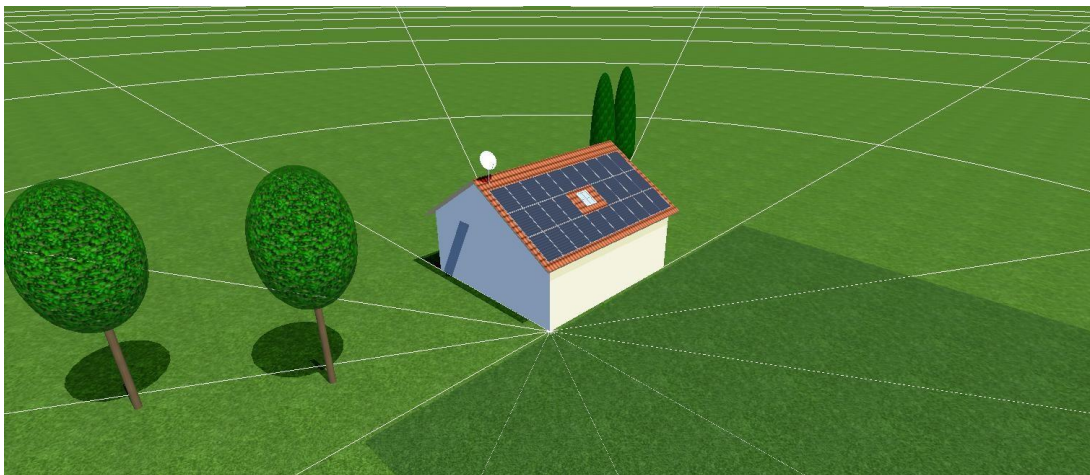
1. Da die Eingabe über den Solarstromrechner im Februar 2014 erfolgte, ist dies auch als Monat der Inbetriebnahme gekennzeichnet. Außerdem ist zu erwähnen, dass alle zur Berechnung benötigten Daten dem aktuellen Stand des Monats zur Grunde fallen.
2. Die installierte Leistung der Anlage wird hier mit 5 kWp angegeben. Das war zu erwarten, denn wir erinnern uns an die zuvor genannte Faustregel, dass 10 m<sup>2</sup> für 1kWp notwendig sind.

3. Dieser Rechner ermittelt sogar das vermiedene CO<sub>2</sub> pro Jahr in kg. In unserem Fall sind es 2.674 kg. Natürlich kann auch der ökologische Gedanke zum Kauf bewegen.
4. Unter diesem Punkt finden wir die primäre Angabe des Rechners. Bei den zuvor eingetragenen Daten und Fakten würde man nach Aussage des Rechners einen Eigenstrom Gesamtertrag von 4.862 kWh erreichen. Hieraus lässt sich nun auch die verwendete Sonneneinstrahlung vor Ort ableiten. ( $4.862 \text{ kWh} / 5 \text{ kWp} = 972 \text{ kWh/kWp}$ )
5. Hier befindet sich ein Regler zur Selbstverbrauchseinstellung. In diesem Fall wurden 20% angenommen. Aus den Punkten 4. und 5. ergeben sich die Punkte 6. und 7.
6. Wenn wir einen Gesamtertrag von 4.862 kWh haben und 20% selber verbrauchen wollen, bleiben 80% für den eingespeisten Strom übrig. 80% von 4862 kWh pro Jahr sind 3.889 kWh pro Jahr.
7. So verhält es sich auch mit dem Selbstverbrauch pro Jahr. 20% von 4862 kWh pro Jahr sind 972 kWh pro Jahr.
8. In diesem Punkt ist dargelegt, dass diesem Beispiel keine Finanzierung zur Grunde liegt.
9. Für die Ertragserwartungen sind die unter Punkt 6. und 7. genannten Ergebnisse heran zu ziehen. Der Rechner gibt eine Vergütung durch Netzeinspeisung von 527 € an. Dieser Wert ergibt sich aus den 3.889 kWh pro Jahr eingespeisten Strom und der Einspeisevergütung für Februar 2014 mit 13,55 Ct/kWh. ( $3.889 \text{ kWh} \times 13,55 \text{ Ct} = 527 \text{ €}$ ) Die Einspeisevergütung wird für den Rechner anhand der gesetzlichen Vorgaben monatlich aktualisiert. Die Einsparung für den Selbstverbrauch liegt in unserem Beispiel bei 253 €. Stellt sich nun die Frage, wieviel Ct der Rechner angenommen hat, wenn man den Strom bei Energieversorgungsunternehmen beziehen würde. Dies lässt sich durch eine einfache Rechnung ermitteln. ( $253\text{€} / 972 \text{ kWh} = 26 \text{ Ct/kWh}$ ) Also wurde in unserem Beispiel mit 26 Ct/ kWh kalkuliert. Addiert man nun die Vergütung durch Netzeinspeisung mit 527 € und die Einsparung durch Selbstverbrauch mit 253 €, erhält man einen Gesamtertrag pro Jahr von 780 €.
10. Aus der grafischen Ertragsübersicht nach 20 Jahren kann man die zu erwartenden Investitionskosten und den zu erwartenden Ertrag über einen Zeitraum von 20 Jahren entnehmen. Am Schnittpunkt der beiden Graphen lässt sich die Amortisationszeit für unsere Anlage ablesen. Der Solarstromrechner beziffert die Investitionssumme auf 10.000€. Bei einem Gesamtertrag pro Jahr von 780 €, beträgt die Amortisationszeit fast 13 Jahre. ( $10.000\text{€}/780\text{€} = 12,8$ )

## 4.2 Berechnung Fachfirma

Um einen Vergleich zu schaffen wird im Folgenden eine Berechnung einer Fachfirma dargelegt. Bei der Firma handelt es sich um die Steffen Huber GmbH in 19306 Neustadt-Glewe. Steffen Huber und ich haben die nachfolgenden Ausarbeitungen am 01.03.2014 erstellt. Es werden nur Teile dieser Ausarbeitungen unter diesem Gliederungspunkt dargestellt. Die gesamte Ausarbeitung ist in der Anlage 1 hinterlegt.

### Umgebung



Screenshot5

Abbildung 15: Umgebung der Anlagenvisualisierung

Quelle: Ausarbeitung der Fachfirma Steffen Huber GmbH (Siehe Anlage A.1)

Zunächst wurde das Gebäude visuell dargestellt. Die Eckdaten wurden so exakt wie möglich übernommen. Der Standort ist Mittweida und die zur Berechnung verwendeten Klimadaten beziehen sich auf den Zeitraum von 1981-2010. In dieser Berechnung haben wir eine PV-Brutto-/Bezugsfläche von 46,66 / 46,58 m<sup>2</sup>. Die PV-Leistung wurde von dem verwendeten Programm mit 7,42 kWp angegeben.

Folgende weitere Daten lieferte das Programm zu dem Sachverhalt:

PV-Generator Einstrahlung:	58.308 kWh
PV-Gen. erzeugte Energie:	7.694,4 kWh
Netz Einspeisung:	5.843,3 kWh
Verbrauch Bedarf:	4.500,0 kWh
PV-Gen. Energie direkt genutzt:	1.851,2 kWh
Netz Bezug:	2.668,1 kWh
Ertragsminderung durch Abschattung:	2,0 %
Solarer Deckungsanteil:	170,6 %
Systemnutzungsgrad:	13,2 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad):	82,6 %
Wechselrichter Nutzungsgrad:	95,5 %
PV-Generator Nutzungsgrad:	13,8 %
Spez. Jahresertrag:	1.034 kWh/kWp
Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen:	6.302 kg/a
Leistung:	7,42 kW
Brutto- / Bezugsfläche:	46,7 m <sup>2</sup> / 46,6 m <sup>2</sup>
<b>PV-Modul:</b>	28 x
Hersteller:	ALGATEC SOLAR AG
Typ:	ASM mono 7-6 /265 black
Nennleistung:	265 W
Abweichung der Nennleistung:	0 %
Anz. der Module in Reihe:	14
Ausrichtung:	0,0 °
Aufstellwinkel:	30,5 °
Einbau:	hinter lüftet
Verschattung:	Ja
Bodenreflexion:	20,0 %
Leistungsverluste durch Abw. Herstellerangaben:	2,0 %
Leistungsverluste in Dioden:	0,5 %
Leistungsverluste durch Verschmutzung:	0,0 %
<b>Wechselrichter</b>	1 x
Hersteller:	SMA Solar Technology AG
Typ:	Sunny Tripower 7000TL
Leistung:	7,00 kW
Europ. Wirkungsgrad:	97,5 %
Anzahl MPP-Tracker:	1
MPP-Tracking:	290 V bis 800 V

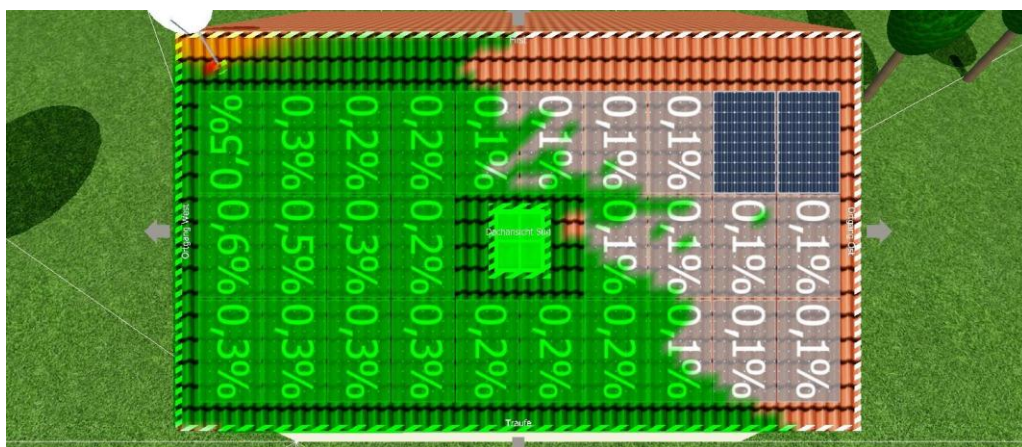
In der nachfolgenden Abbildung wird die Modulbelegung aufgezeigt. Insgesamt wurden 28 PV-Module auf der Fläche untergebracht.



Abbildung 16: Modulbelegung der Anlagenvisualisierung

Quelle: Ausarbeitung der Fachfirma Steffen Huber GmbH (Siehe Anlage A.1)

Zu erkennen ist eine Satellitenschüssel auf dem Dach des Gebäudes. Diese haben wir absichtlich mit eingebaut um einmal aufzuzeigen, welchen Einfluss diese auf den Ertrag haben kann. In der nächsten Abbildung wird deutlich, dass ein Großteil der Module durch die Verschattung der Satellitenschüssel negativ in Bezug auf den Ertrag beeinflusst wird. Die jeweiligen Prozentangaben werden in der Abbildung aufgezeigt.



Screenshot1

Abbildung 17: Häufigkeitsverteilung

Quelle: Ausarbeitung der Fachfirma Steffen Huber GmbH (Siehe Anlage A.1)



In diesem Abschnitt wird nun die Wirtschaftlichkeitsberechnung für die geplante PV-Anlage dargelegt. Sie wurde genauso übernommen, wie sie von der Fachfirma Steffen Huber GmbH erstellt worden ist.

## Wirtschaftlichkeitsberechnung <sup>46</sup>

### Anlagendaten

### Allgemeine Wirtschaftlichkeitsparameter

PV-Leistung: 7,42 kWp

Inbetriebnahme der Anlage: 01.05.2014

Gesamt-Degradation: 10,00 %

#### Stromeinspeisung

Einspeisekonzept:	Eigenverbrauch
Für die ersten 20 Jahre:	0,1355 €/kWh
Danach:	0,1355 €/kWh
Einsparungen durch Eigenverbrauch:	0,2600 €/kWh
Investitionen:	11.872,00 €
Betriebsgeb. Kosten:	83,10 €/a
Einspeisevergütung im ersten Jahr:	791,76 €/a
Einsparungen Strombezug:	476,30 €/a

#### Ergebnisse nach der Kapitalwertmethode

<b>Kapitalwert:</b>	<b>9.083,47 €</b>
<b>Amortisationszeit:</b>	<b>11,1 Jahre</b>
<b>Rendite:</b>	<b>9,1 %</b>
<b>Stromgestehungskosten:</b>	<b>0,11 €/kWh</b>
Betrachtungszeitraum:	20 Jahre
Kapitalzins:	3,00 %
Alle Angaben ohne Umsatzsteuer	

#### Kostenbilanz

### Detaillierte Auflistung aller Ein-/Auszahlungen

#### Investitionen

Position	Nutzungsdauer [a]	Preisänd.faktor [%]	Betrag[€]
Investitionen	21	0,00	11.872,00
<b>Betriebsgeb. Kosten</b>			
Position		Preisänd.faktor [%]	Betrag[€]/a
Betriebskosten <b>Einspeisevergütung</b>		2,00	83,10
Position		Preisänd.faktor [%]	Betrag[€]/a
Einspeisevergütung		0,00	791,76
<b>Einsparungen Strombezug</b>			
Position		Preisänd.faktor [%]	Betrag[€]/a
Einsparungen Strombezug		5,00	476,30

### Graphische Darstellung des Anteils der Solarenergie am Energieverbrauch

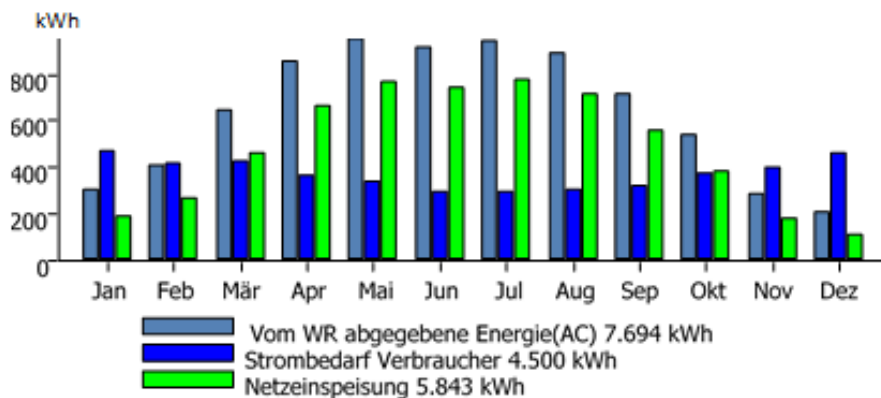


Abbildung 18: Graphische Darstellung des Anteils der Solarenergie am Energieverbrauch

Quelle: Ausarbeitung der Fachfirma Steffen Huber GmbH (Siehe Anlage A.1)

## 4.3 Gegenüberstellung der Ergebnisse und Auswertung

### Photovoltaikrechner

### Fachfirma

PV-Leistung:	5 kWp	PV-Leistung:	7,42 kWp
Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen:	2.674 kg/a	Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen:	6.302 kg/a
Spez. Jahresertrag:	972 kWh/kWp	Spez. Jahresertrag:	1.034 kWh/kWp
PV-Gen. erzeugte Energie:	4.862 kWh	PV-Gen. erzeugte Energie:	7.694,4 kWh
Netz Einspeisung:	3.889 kWh	Netz Einspeisung:	5.843,3 kWh
PV-Gen. Energie direkt genutzt:	972 kWh	PV-Gen. Energie direkt genutzt:	1.851,2 kWh
Einspeisevergütung:	527 €/a	Einspeisevergütung:	791,76 €/a
Einsparungen Strombezug:	253 €/a	Einsparungen Strombezug:	476,30 €/a
Amortisationszeit:	12,8 Jahre	Amortisationszeit:	11,1 Jahre
Anzahl Module:	20	Anzahl Module:	28
Investitionskosten:	10.000,00 €	Investitionskosten:	11.872,00 €

Tabelle 2: Gegenüberstellung Photovoltaikrechner

Quelle: Ausarbeitung der Fachfirma Steffen Huber GmbH (Siehe Anlage A.1)

Die oben aufgeführten Daten der jeweiligen Untersuchungen weichen stark voneinander ab. Grundsätzlich ist zu sagen, dass die Betrachtung des Photovoltaikrechners aus dem Internet lediglich einer Vorinformation dient, und die dort ausgegebenen Daten schlichtweg nur Richtwerte sind. Ganz anders stellt sich jedoch die Betrachtungsweise einer Berechnung durch eine Fachfirma da. Hier wird genau auf den vorliegenden Sachverhalt abgezielt und exakte Berechnungen durchgeführt.

Wir können aufgrund der wenigen Daten des Photovoltaikrechners aus dem Internet nur die aufgelisteten Daten vergleichen. Auffällig ist die unterschiedlich angegebene PV-Leistung. Gründe für diese Abweichung sind zunächst die unterschiedlichen Sonneneinstrahlungswerte, die für die Berechnung heran gezogen wurden. Außerdem weicht auch die Anzahl der zu verwendenden PV-Module voneinander ab. Je mehr Module, desto größer die Leistung. Daraus ergeben sich natürlich weitere Abweichungen, wie die erzeugte Gesamtenergie, der Anteil der Einspeisung in das Netz und der Eigenverbrauch. Dadurch wiederum entstehen die unterschiedlich hohen Beträge für die Einspeisevergütung und der Strombezugseinsparung.

Deutlich bei der Gegenüberstellung wird das Verhältnis von erzeugter Leistung und Investitionskosten in Bezug auf die Amortisationszeit. Bei der Planung der Fachfirma sind die Investitionskosten höher, als beim Photovoltaikrechner aus dem Internet. Doch durch die stärkere Leistung der geplanten Anlage, fällt die Amortisationszeit geringer aus. Interessant ist auch der stark abweichende Anteil der vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Jedoch ist dieser Vergleich sehr vage, da der Photovoltaikrechner aus dem Internet nicht alle zur Berechnung herangezogenen Daten und Fakten aufzeigt. Dennoch wird hier deutlich, dass das vom Photovoltaikrechner ermittelte Ergebnis einen ersten Eindruck über den zu erwartenden Investitionsrahmen gibt. Um allerdings detailliertere Aussagen zur Wirtschaftlichkeit zu bekommen, ist ein Fachbetrieb notwendig.



## 5 Photovoltaikanlage mit Stromspeicher

In den unter dem Gliederungspunkt 4 bisher dargestelltem Sachverhalt ging es zunächst nur um die PV-Anlagen. Heute und in Zukunft sind allerdings PV-Anlagen mit Speichermöglichkeit und einer sinnvollen Steuerung des Eigenverbrauchs, Einspeisung und Energieankauf von immer größerer Bedeutung. Es gibt eine Reihe von Unternehmen, die sich mit dieser Problematik befassen. So hat beispielsweise das Unternehmen SMA hierzu das SMA INTEGRATED STORAGE SYSTEM entwickelt. Nachfolgend sind Aufbau und Funktionsweise dieses Systems dargestellt.



Abbildung 19: SMA INTEGRATED STORAGE SYSTEM

Quelle: URL: [http://files.sma.de/dl/2485/SMART\\_HOME-KDE140551W.pdf](http://files.sma.de/dl/2485/SMART_HOME-KDE140551W.pdf)

Abbildung 20: Aufbau und Funktionsweise der SMA INTEGRATED STORAGE SYSTEM

Quelle: Screenshot:  
URL: [http://files.sma.de/dl/2485/SMART\\_HOME-KDE140551W.pdf](http://files.sma.de/dl/2485/SMART_HOME-KDE140551W.pdf)

Durch ein solches System kann die täglich abgegebene Sonnenenergie auch abends, wenn sie am meisten gebraucht wird, optimal genutzt werden. Zur Veranschaulichung wie die Speicherung von Solarstrom funktioniert, dienen die nachfolgenden Grafiken. Der typische Tagesverlauf für einen Haushalt mit Photovoltaikanlage und Energiespeicher stellt sich folgendermaßen dar.



Abbildung 21: Photovoltaikanlage mit Stromspeicher nachts

Quelle: URL [http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom\\_speichern/](http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom_speichern/)

Da die PV-Anlage nachts keinen Strom produzieren kann, wird die notwendige Energie aus dem Netz bezogen.



Abbildung 22: Photovoltaikanlage mit Stromspeicher vormittags

Quelle: URL [http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom\\_speichern/](http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom_speichern/)

Im Laufe des Vormittags wird teilweise der benötigte Strom selbst erzeugt, die restliche Energie wird aus dem Netz dazugekauft.



Abbildung 23: Photovoltaikanlage mit Stromspeicher mittags

Quelle: URL [http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom\\_speichern/](http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom_speichern/)

Zur Mittagszeit, wenn die Erzeugung von Sonnenstrom auf Höchstleistung ist und nicht mehr die komplette Menge des erzeugten Stroms selbst verbraucht werden kann, wird der Strom nun zur Ladung des Batteriespeichers verwendet.



Abbildung 24: Photovoltaikanlage mit Stromspeicher nachmittags

Quelle: URL [http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom\\_speichern/](http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom_speichern/)

Sobald der Energiespeicher vollgeladen ist, wird die überschüssig erzeugte Energie ins öffentliche Netz eingespeist und nach EEG-Tarif vergütet.



Abbildung 25: Photovoltaikanlage mit Stromspeicher abends

Quelle: URL [http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom\\_speichern/](http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom_speichern/)

Reicht der selbst erzeugte Strom aus der Photovoltaikanlage am Abend nicht mehr aus, um den Strombedarf zu decken, wird die zusätzliche Energie aus dem eigenen Speicher bezogen.

Grundsätzlich ist zu sagen, dass es kein Stromspeichersystem gibt, welches für jeden Haushalt geeignet ist. Es ist alles eine Frage der Anwendung und wie der Strom genutzt werden soll. Die Dimensionierung des Stromspeichers ist unter anderem abhängig vom Energiebedarf des Haushaltes. Somit sind gründliche Untersuchungen und Messungen notwendig, um das passende Stromspeichersystem zu finden.

Auch die Frage nach der Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaik-Anlage mit einem Stromspeicher ist abhängig vom betroffenen Haushalt und seinen Parametern, und zum anderen von der richtigen Stromspeichieranlage (intelligentes Komplettsystem). Nachfolgend ein Beispiel für eine mögliche Wirtschaftlichkeitsberechnung von der Linzmeier Solare Systeme GmbH.

Folgende Annahmen wurden getroffen:

Bei Installation einer neuen Photovoltaik-Anlage mit einem Stromspeicher von 4.500 kWh, bei einem Strompreis von 0,24 €/kWh und 5% jährlicher Strompreissteigerung, ergibt sich folgende Wirtschaftlichkeitsberechnung:

„**1. Ohne Photovoltaik-Anlage** und ohne Speicher  
ergeben sich über 20 Jahre Stromkosten von **38.576,00 €**

**2. Mit Photovoltaik-Anlage** von 6 kWp (40m<sup>2</sup>)  
und einem 8-kW-Speicher machen Sie Gewinn:

Kosten PV-Anlage mit Speicher	22.000,00 €
Strombezugskosten	<u>15.430,72 €</u>
Gesamtkosten	<b>37.430,72 €</b>
Kostenersparnis gegenüber 1.	1.145,28 €
Überschuss von Stromeinspeisung	<u>10.200,00 €</u>
Ertrag	<b>11.345,28 €</b>

bei einem Strompreis von 0,24 €/kWh und 5% jährlicher Strompreissteigerung;  
bei einer Strompreissteigerung von 7% jährlich ergibt sich ein Ertrag von 17.272,00 €.<sup>47</sup>

---

<sup>47</sup>Linzmeier Solar. URL: <http://linzmeier-solar.de/stromspeicher>, Stand 18.04.2014

## 6 Konkurrenz aus Asien

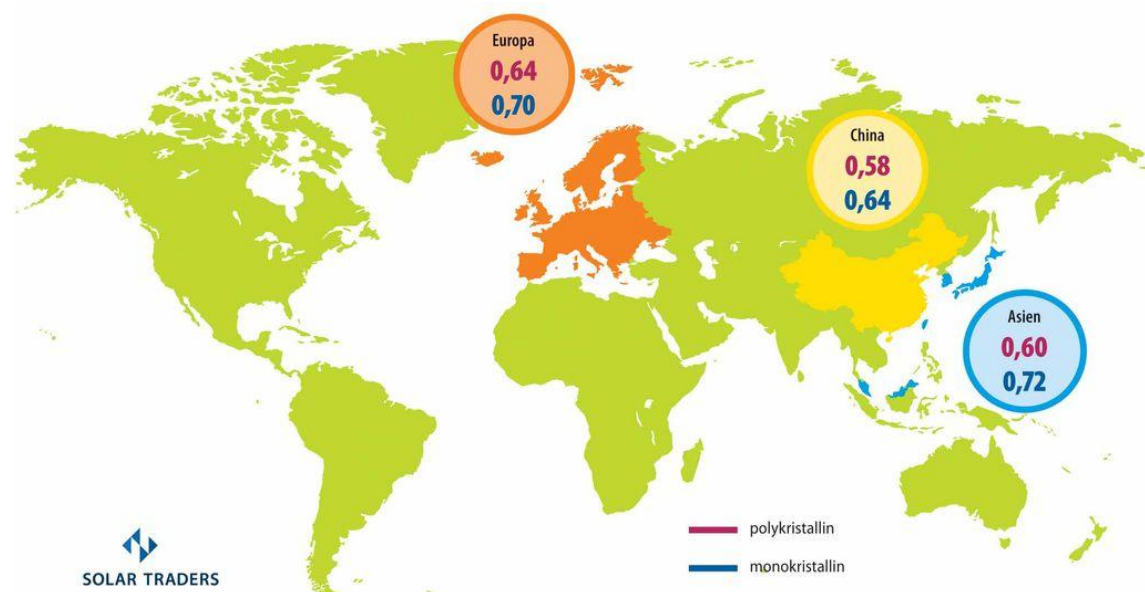


Abbildung 26: Mono- und polykristalline Modulpreise in Euro/Watt in der KW 47 für die Regionen EU, China, Asien

Quelle: URL: <http://www.photovoltaiik.eu/Asiatische-Module-deutlich-guenstiger,QUIEPTU2Mzc0OCZNSUQ9MzAwMjE.html>

Diese Übersicht stammt vom 25.11.2013. Die Zahlen entsprechen €/W. Vergleicht man nun Europa mit Asien, so erkennt man eine Differenz von 4 Ct/W bei polykristallinen Modulen und 2 Ct/W bei monokristallinen Modulen. Die polykristallinen Module aus China bewegen sich bei 0,58 €/W und die chinesischen monokristallinen Module bei 0,64 €/W.<sup>48</sup>

In den letzten Jahren hat Deutschland einige Arbeitsplätze in der PV-Branche verloren. 2012 gab es ca. 88.000 Beschäftigte in der deutschen PV-Branche und die Exportquote lag bei 60%.<sup>49</sup> Während der letzten zwei Jahre gab es viele Firmenschließungen und Insolvenzen in Deutschland. Seitdem haben deutsche Hersteller dramatisch an Marktanteilen verloren. Ursache dafür ist die entschiedene Industriepolitik im asiatischen Raum und der vor Ort generierten massiven Investitionen in Produktionskapazitäten. Dabei spielen Lohnkosten eine untergeordnete Rolle, da die Photovoltaikproduktion einen sehr hohen Automatisierungsgrad erreicht hat.

<sup>48</sup> Solarify. URL: <http://www.solarify.eu/2013/12/02/414-newcomer-fuehren-vermehrt-poly-module-ein/>, Stand 14.03.2014

<sup>49</sup> PV Magazine: Sandra Enkhardt. URL: [http://www.pv-magazine.de/nachrichten/details/beitrag/20-prozent-weniger-jobs-im-photovoltaik-sektor-2012\\_100011902/](http://www.pv-magazine.de/nachrichten/details/beitrag/20-prozent-weniger-jobs-im-photovoltaik-sektor-2012_100011902/), Stand 14.03.2014

Ein entscheidender Aspekt hingegen ist die geringe Komplexität der Produktion. Seit einigen Jahren kann man schlüsselfertige Produktionslinien, die sehr gute PV-Module liefern, von der Stange kaufen und das wiederum ermöglicht einen schnellen Technologietransfer.

Durch effektive Gesetze zur Einspeisevergütung wurden in Deutschland massive Investitionen in PV-Kraftwerke ausgelöst. Um bei Produktionskapazitäten Investitionen in einem wettbewerbsfähigen Format (heute: GW) zu generieren, fehlte aber die wirtschaftspolitische Flankierung. In China ist es dafür durch Schaffung attraktiver Investitions- und Kreditbedingungen gelungen, Milliarden ausländisches und inländisches Eigenkapital für den Aufbau von großen Produktionslinien zu mobilisieren. Im Juni 2013 verhängte die EU-Kommission sogar vorläufige Strafzölle auf PV-Module aus China.<sup>50</sup>

Zu berücksichtigen ist, dass etwa die Hälfte der asiatischen PV-Produktion auf Anlagen aus Deutschland gefertigt wurde. Voraussichtlich werden langfristig gesenkte Herstellkosten einerseits, steigende Frachtkosten und lange Frachtzeiten andererseits die Wettbewerbsposition für die Modulherstellung in Deutschland immer mehr verbessern.<sup>51</sup>

---

<sup>50</sup> URL: <http://www.photovoltaik.org/news/politik/eu-verhaengt-strafoelle-auf-chinesische-photovoltaik-module-1382437>, Stand 15.03.2014

<sup>51</sup> Vgl. Bernd Hirschl: Eine Multi-Level Policy-Analyse mit Fokus Auf Den Deutschen Strommarkt. Springer 2008, S. 192 ff.

## 7 Zukunft Photovoltaik

Wenn es um Stromerzeugung geht, gilt Solarstrom bzw. PV unumstritten als Technologie des 21. Jahrhunderts. Mittlerweile wird PV weltweit eingesetzt, allerdings ist die Anzahl der PV- Anlagen, im Vergleich zu anderen Anlagen, die der Stromgewinnung dienen, doch eher gering. Ein wesentlicher Grund dafür ist immer noch der Preis. Derzeit kostet ein PV- Modul, welches 100 Watt Leistung erzeugen kann, im Durchschnitt 180,00 Euro. In Zukunft kann man davon ausgehen, dass 100 Watt Solarmodulleistung nur noch einen Bruchteil der heutigen Kosten betragen wird. Hier besteht jedoch die Notwendigkeit, die Technik weiter zu entwickeln. Der Rohstoff Silizium hat bei der Solarmodulproduktion eine wesentliche Rolle eingenommen. Durch den stetigen Zubau von Solarmodulfabriken, ist das Silizium sehr knapp geworden, wodurch sich wiederum der Preis für diesen Rohstoff vervielfachte. Mittlerweile ist aber auch ein Anstieg der Siliziumproduzenten zu erkennen, somit dürfte sich der Preis für Silizium künftig wieder normalisieren.<sup>52</sup>

In den letzten Jahren gab es viel Bewegung auf dem PV- Markt. Der Fakt, dass PV laut EEG keine so starke Förderung bekommt, wie es noch vor einigen Jahren der Fall war, hat dafür gesorgt, dass viele Interessenten vorerst nicht in PV-Anlagen investiert haben. Im Gegenzug haben sich die Preise für PV-Komplettanlagen wesentlich reduziert. Somit werden diese trotz geringerer Einspeisevergütung auch in Zukunft rentabel sein.

Die stetig steigenden Strompreise tragen dazu bei, dass immer mehr Menschen sich mit der Thematik PV beschäftigen. Ein immer größerer Vormarsch dieser Technologie ist die Konsequenz. Auch die Entwicklung des PV-Markts ist enorm. 2009 wurden 1,1% des verbrauchten Stroms in Deutschland durch Solarstromanlagen produziert. Im Jahr 2010 waren es schon 3%, das ist fast ein Anstieg von 300%. Heute liefert PV über 5 % des Gesamtstromverbrauchs und belegt damit bei regenerierbaren Energien den dritten Rang nach Windenergie und Biomasse. Die Tendenz ist weiterhin steigend. Innerhalb von 5 Jahren (2005-2010) hat sich auch die Gesamtleistung von einem GW bis 10 GW erhöht. Seither explodiert dieser Wert förmlich nach oben und wird es auch weiterhin tun.

---

<sup>52</sup> URL: <http://blog.explore-house.eu/de/2013/04/16/photovoltaik-finstere-zeiten-o-sonnige-zukunft/>,  
Stand 20.04.2014



PV wird immer billiger, effektiver und umweltfreundlicher durch ständige Investitionen in die Erforschung von Materialien und der Entwicklung von Modulen. Die Wirkungsgrade der Module werden stetig erhöht. 2011 und 2012 lag der Standard bei 245 W Module, jedoch werden schon im Jahr 2016 Module mit bis zu 340 W erwartet. Ein Abfall dieser andauernden Effizienzsteigerung ist nicht zu erwarten. Ganz im Gegenteil, es ist davon auszugehen, dass die Weiterentwicklung dieser Technologie immer rasanter wird. Eine der neusten Erkenntnis ist, dass U.S.-Wissenschaftler derzeit eine neuartige Solarzelle entwickeln, mit der es möglich ist, die bisher ungenutzte Wärmestrahlung des Sonnenlichts nutzbar zu machen. Die Fachzeitschrift „Nature Nanotechnology“ berichtete, dass dazu ein mehrschichtiger Prototyp entwickelt wurde. Allerdings wurden bisher nur Wirkungsgrade von wenigen Prozenten erreicht. Aber auch hier ist es nur eine Frage der Zeit, bis diese Technologie ausgereift sein wird.

Deutschlands Stromkunden wird der Ausbau der Energieerzeugung durch Photovoltaikanlagen ca. 111 Milliarden € kosten. Das hat eine Berechnung des RWI ergeben. Allerdings handelt es sich hierbei um eine Zukunftsinvestition. Bei einer herkömmlichen Stromerzeugung mittels nuklearer und fossiler Brennstoffe wären wahrscheinlich die langfristigen Erzeugungskosten und Folgekosten höher. Bei einem konsequenten Umstieg in Richtung nachhaltige Stromerzeugung kann voraussichtlich bis 2030 der Punkt erreicht werden, ab dem durch die Energiewende Kosteneinsparungen möglich werden. Außerdem kann durch die Solarenergieförderung eine milliardenschwere deutsche Industrie mit enormen Exportchancen gesichert werden. Auch wenn in Zukunft die Solarzellen nicht mehr wie im bisherigen Maße in Deutschland produziert werden, in absehbarer Zeit wird Deutschland in der Solarindustrie einer der weltweit führenden Anlagenbauer bleiben.

Unabhängig davon, welche Wege die deutsche Förderpolitik in Zukunft einschlagen wird, jede einzelne erneuerbar erzeugte kWh Strom trägt einen Teil dazu bei, das Klima, die Umwelt und die Energieressourcen zu schonen. Und das wird auch ohne staatliche Gelder funktionieren.

## Literaturverzeichnis

### Bücher

Christian Synwoldt: Mehr als Sonne, Wind und Wasser: Energie für eine neue Ära  
Erlebnis Wissenschaft. Verlag John Wiley & Sons 2012, S. 85 ff

Matthias Kramer: Integratives Umweltmanagement, Systemorientierte Zusammenhänge. Springer Verlag 2010

André Suck: Erneuerbare Energien und Wettbewerb in Der Elektrizitätswirtschaft:  
Staatliche Regulierung Im Vergleich zwischen Deutschland und Großbritannien. Springer Verlag 2008

Frank Schüssler: Geographische Energieforschung: Strukturen und Prozesse im Spannungsfeld zwischen Ökonomie, Ökologie und sozialer Sicherheit. Verlag Peter Lang 2010, Band 27

Frithjof Staiß: Jahrbuch Erneuerbare Energien 02/03. Biebertstein Verlag & Agentur 2003

Tina Wirth: Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)- Ein Förderinstrument im Wandel von 2000 bis heute und seine Auswirkung auf die deutsche Energiepolitik. GRIN Verlag 2010

Lorenz Jarass, Gustav M. Obermair, Wilfried Voigt: Windenergie. Springer Verlag 2009

Peter Salie: Erneuerbare-Energien-Gesetz 2012. Heymanns Taschenkommentare. Carl Heymanns Verlag 2012

Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese: Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Springer Verlag 2007, 4. Auflage

Bastian Aue, Steffen Kruse: Energieerzeugung aus Photovoltaik. GRIN Verlag 2010

Christoph Jehle: Photovoltaik - Strom aus der Sonne: Technologie, Wirtschaftlichkeit und Marktentwicklung, Müller C.F., 2008

Viktor Wesselak, Sebastian Voswinckel: Photovoltaik- Wie Sonne zum Strom wird. Springer 2012, Band 2

Tanju Doganay: Projektierung von Photovoltaik-Großanlagen, Planung und Errichtung. GRIN Verlag 2010 (Diplomarbeit)

Karl-Heinrich Grote: Dubbel Taschenbuch für den Maschinenbau. Springer 2011, Auflage 23

Dominik Modrach: Solarunternehmer: Geld verdienen und sparen mit selbst produziertem Solarstrom. Epubli 2013

Konrad Mertens: Photovoltaik: Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. Carl Hanser Verlag GmbH Co. KG 2013

Bernd Hirschl: Erneuerbare Energien- Politik: Eine Multi-Level Policy-Analyse mit Fokus auf den deutschen Strommarkt. Springer 2008

## Internet

Bundesrat, Gesetzentwurf der Bundesregierung Drucksache 341/11

URL: [http://www.bundesrat.de/cln\\_179/nn\\_8336/SharedDocs/Drucksachen/2011/0301-400/341-11,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/341-11.pdf](http://www.bundesrat.de/cln_179/nn_8336/SharedDocs/Drucksachen/2011/0301-400/341-11,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/341-11.pdf), Stand 07.01.2014

TiDis Solar:

URL: <http://www.solar.tidis.de/alternative-energien/eeg---erneuerbare-energien-gesetz/index.php>, Stand 08.01.2014

Gesetze aktuell: URL: <http://www.buzer.de/gesetz/8423/l.htm>, Stand 09.01.2014

Erneuerbare- Energien- Gesetz: URL: <https://dejure.org/gesetze/EEG/1.html>, Stand 12.01.2014

EEG-Novelle zur Photovoltaik 2012: URL: [http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aenderungen\\_eeg\\_120628\\_bf.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/ee-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/aenderungen_eeg_120628_bf.pdf), Stand 12.01.2014

Glaronia.com: Infomagazin im Internet:

URL: <http://www.glaronia.com/2013/08/01/de-kurzung-fur-forderung-von-solaranlagen-fallt-wieder-hoher-aus/>, Stand 15.01.2014

BMU/ BMWi: URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/E/energiewende-sichern-kosten-begrenzen,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, Stand 16.01.2014

BEE: URL: <http://www.bee-ev.de/3:1300/Meldungen/2013/Altmaiers-Vorschlaege-bestrafen-Energiewende-Investoren.html>, Stand 16.01.2014

Photovoltaik Guide für Dachneigung und Ausrichtung der Photovoltaikanlage:  
URL: <http://www.photovoltaik-guide.de/wissenswertes/solaranlagen/dachneigung-und-ausrichtung>, Stand 17.01.2014

IWS solar AG: Solar- und Energietechnik:  
URL: <http://www.iwssolar.ch/photovoltaik/wechselrichter/inselwechselrichter/index.html>, Stand 17.01.2014

Prinzip der Photovoltaikanlage:  
URL: [www.iundm.de/lars/Image18.gif](http://www.iundm.de/lars/Image18.gif), Stand 22.01.2014

Aufbau einer PV-Anlage mit Ihren wesentlichen Bestandteilen:  
URL: <http://www.komsolar.de/realisierte-projekte/technologie/aufbau-photovoltaik-anlage/>, Stand 22.01.2014

Das Internetportal für Sonnenenergie:  
URL: <http://www.solarserver.de/wissen/lexikon/p/peakleistung.html>, Stand 01.02.2014

Frauenhofer: URL:  
<http://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf>, Stand 22.01.2014

Staatliche Förderprogramme für energieeffizientes Bauen und Sanieren:  
URL: <http://www.effizienzhaus-foerderung.info/photovoltaik/pro-contra-photovoltaik-vorteile-und-nachteile-von-photovoltaikanlagen/>, Stand 08.02.2014

Ronny Kieseewetter: Pro und Contra  
URL: <http://www.photovoltaik-profit.de/Bas/H/impressum.htm>, Zugriff am 08.02.2014

Bild Aufdachanlage:  
URL: <http://www.sonnensauger.de/site/anlagen.htm>, Stand 09.02.2014

Bild Indachanlage:

URL: <http://www.blo-meelektrik.de/uploads/pics/3-5-12-Wohngebaeude.jpg>, Stand 09.02.2014

Grafik jährliche Einstrahlung, Viessmann:

URL: <http://www.ing-büro-junge.de/assets/images/Einstrahlung-Abhangig-klein.gif>, Stand 08.02.2014

Viessmann: Grafik jährliche Einstrahlung. URL: <http://www.ing-büro-junge.de/assets/images/Einstrahlung-Abhangig-klein.gif>, Stand 08.02.2014

Standorte in Deutschland:

URL: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmeps/eu\\_opt/pvgis\\_solar\\_optimum\\_DE.png](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmeps/eu_opt/pvgis_solar_optimum_DE.png), Stand 15.02.2014

Solaranlagen Portal: URL: <http://www.solaranlagen-portal.com/blog/photovoltaik-einspeiseverguetung-november-2013-januar-2014-14-degression/>, Stand 13.02.2014

Solar Consult:

URL: <http://www.solarconsult.de/index.php?index=1&lng=de&menuid=221>, Stand 16.02.2014

Förderung der KfW- Banken:

URL: <http://www.energieheld.de/photovoltaik/stromspeicher/foerderungen>, Stand 16.02.2014

Energetisch bauen und sanieren.

URL: <http://www.enbausa.de/solargeothermie/fotovoltaik/einspeiseverguetung.html>, Stand 16.02.2014

Sunny Home Manager:

URL: <http://static.webshopapp.com/shops/022986/files/008693144/sma-sunny-home-manager.jpg>, Stand 01.04.2014

SMA Produkte:

URL: <http://www.sma.de/produkte/monitoring-systems/sunny-home-manager.html>, Stand 01.04.2014

Bild Haushaltslastprofile:

URL: [http://files.sma.de/dl/2485/SMART\\_HOME-KDE140551W.pdf](http://files.sma.de/dl/2485/SMART_HOME-KDE140551W.pdf), Stand 02.04.2014

Bild Sunny Home Manager:

URL: <http://files.sma.de/dl/1353/SI-HoMan-PL-de-20.pdf>, Stand 02.04.2014

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:

URL: [https://www.clearingstelle-eeg.de/files/01\\_Vortrag\\_Viertl.pdf](https://www.clearingstelle-eeg.de/files/01_Vortrag_Viertl.pdf), Stand 01.04.2014

Schwäbisch-Hall- PV mit Solarstromspeicher- Funktion:

URL: [https://www.schwaebisch-hall.de/ham/img/heizung-energie/photovoltaik/\\_zusatzbeitraege/sonnenstrom-speicher/Solarstromspeicher-Funktion.jpg](https://www.schwaebisch-hall.de/ham/img/heizung-energie/photovoltaik/_zusatzbeitraege/sonnenstrom-speicher/Solarstromspeicher-Funktion.jpg), Stand 03.04.2014

Bild Solarstromspeicher: URL:

<http://1.bp.blogspot.com/->

[Gv\\_LRJpc34g/UPfYIp3rYPI/AAAAAAAAAJQk/YjK0FpBZST4/s1600/solarstrom-speicher.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-Gv_LRJpc34g/UPfYIp3rYPI/AAAAAAAAAJQk/YjK0FpBZST4/s1600/solarstrom-speicher.jpg), Stand 03.04.2014

Cenpac Storage:

URL: <http://www.centrosolar.de/index.php?id=2027>, Stand 03.04.2014

Ecosal: URL: <http://www.ecosal.de/batterie-speicher/zukunft-batterie-systeme/>, Stand 05.04.2014

Ratgeber: URL: <http://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-wirtschaftlichkeit/photovoltaik-anschaffungskosten>, Stand 09.04.2014

Photovoltaikrechner.

URL: <http://www.solarworld.de/service/solarstromrechner/>, Stand 01.03.2014

SMA de:

URL: [http://files.sma.de/dl/2485/SMART\\_HOME-KDE140551W.pdf](http://files.sma.de/dl/2485/SMART_HOME-KDE140551W.pdf), Stand 17.04.2014

Aufbau und Funktionsweise der SMA INTEGRATED STORAGE SYSTEM:

URL: [http://files.sma.de/dl/2485/SMART\\_HOME-KDE140551W.pdf](http://files.sma.de/dl/2485/SMART_HOME-KDE140551W.pdf), Stand 17.04.2014

Energie MAXX Solar:

URL: [http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom\\_speichern/](http://sonnenkonto24.de/anwender/sonnenstrom_speichern/), Stand 18.04.2014

Linzmeier Solar.

URL: <http://linzmeier-solar.de/stromspeicher>, Stand 18.04.2014

Mono- und polykristalline Modulpreise in Euro/Watt in der KW 47 für die Regionen EU, China, Asien. URL: <http://www.photovoltaiik.eu/Asiatische-Module-deutlich-guenstiger,QUIEPTU2Mzc0OCZNSUQ9MzAwMjE.html>, Stand 08.03.2014

PV Magazine: Politik und Gesellschaft, Topnews: 09. Oktober 2013. URL: [http://www.pv-magazine.de/nachrichten/details/beitrag/sru--photovoltaik-und-windkraft-sind-leittechnologien-der-zukunft\\_100012671/](http://www.pv-magazine.de/nachrichten/details/beitrag/sru--photovoltaik-und-windkraft-sind-leittechnologien-der-zukunft_100012671/), Stand 10.03.2014

Solarify:

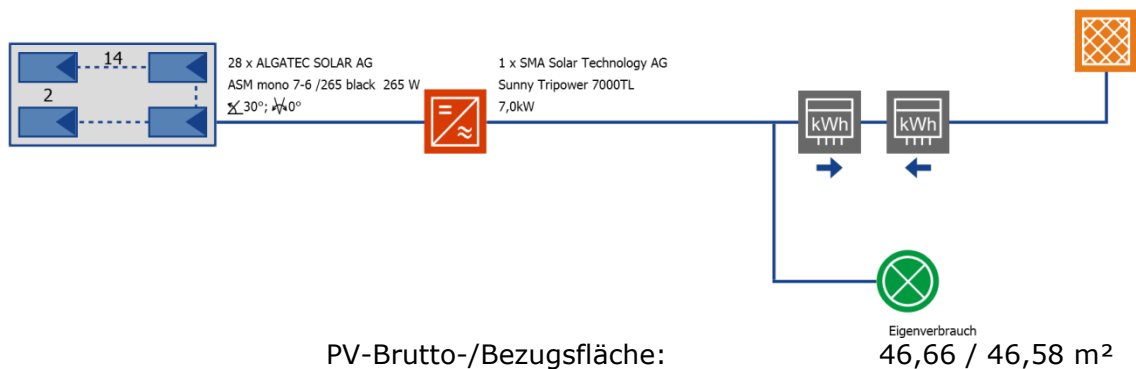
URL: <http://www.solarify.eu/2013/12/02/414-newcomer-fuehren-vermehrt-poly-module-ein/>, Stand 14.03.2014

Explore House: URL: <http://blog.explore-house.eu/de/2013/04/16/photovoltaik-finstere-zeiten-o-sonnige-zukunft/>, Stand 20.04.2014

# Anlagen

## Anlage 1: Ausarbeitung der Fachfirma Steffen Huber GmbH

Standort: Mittweida  
 Klimadatensatz: Mittweida (1981-2010)  
 PV-Leistung: 7,42 kWp



PV-Generator Einstrahlung:	58.308 kWh
PV-Gen. erzeugte Energie (wechselstromseitig):	7.694,4 kWh
Netz Einspeisung:	5.843,3 kWh
Verbrauch Bedarf:	4.500,0 kWh
PV-Gen. Energie direkt genutzt:	1.851,2 kWh
Netz Bezug:	2.668,1 kWh
Ertragsminderung durch Abschattung:	2,0 %

Solarer Deckungsanteil:	170,6 %
Systemnutzungsgrad:	13,2 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad):	82,6 %
Wechselrichter Nutzungsgrad:	95,5 %
PV-Generator Nutzungsgrad:	13,8 %
Spez. Jahresertrag:	1.034 kWh/kWp
Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen:	6.302 kg/a

Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge der Photovoltaikanlage können aufgrund von Schwankungen des Wetters, der Wirkungsgrade von Modulen und Wechselrichter und anderer Faktoren abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt nicht die fachtechnische Planung der Photovoltaikanlage.



Projektname:	Berechnung Fachfirma	03.03.2014
Variantenbezeichnung:	Einfamilienhaus	

**Anlage im netzgekoppelten Betrieb**

Standort:	Mittweida	PV-Leistung:	7,42 kWp
Klimadatensatz:	Mittweida	PV-Brutto-/Bezugsfläche:	46,7 m² / 46,6 m²
Anzahl der Teilgeneratoren:	1		

**Teilgenerator 1: Anlage 1**

Leistung:	7,42 kW	Bodenreflexion:	20,0 %
Brutto- / Bezugsfläche:	46,7 m² / 46,6 m²	Leistungsverluste durch...	
<b>PV-Modul</b>	28 x	Abweichung vom AM 1.5:	1,0 %
Hersteller:	ALGATEC SOLAR AG	Abw. Herstellerangaben:	2,0 %
Typ:	ASM mono 7-6 /265 black in Dioden:		0,5 %
Nennleistung:	265 W	durch Verschmutzung:	0,0 %
Abweichung der Nennleistung:	0 %	<b>Wechselrichter</b>	1 x
Wirkungsgrad (STC):	16,0 %	Hersteller:	SMA Solar Technology AG
Anz. der Module in Reihe:	14	Typ:	Sunny Tripower 7000TL
MPP-Spannung (STC):	441 V	Leistung:	7,00 kW
Ausrichtung:	0,0 °	Europ. Wirkungsgrad:	97,5 %
Aufstellwinkel:	30,5 °	Anzahl MPP-Tracker:	1
Einbau:	hinterlüftet	MPP-Tracking:	290 V bis 800 V
Verschattung:	ja		

**Verbraucher 1 (Lastprofil)**

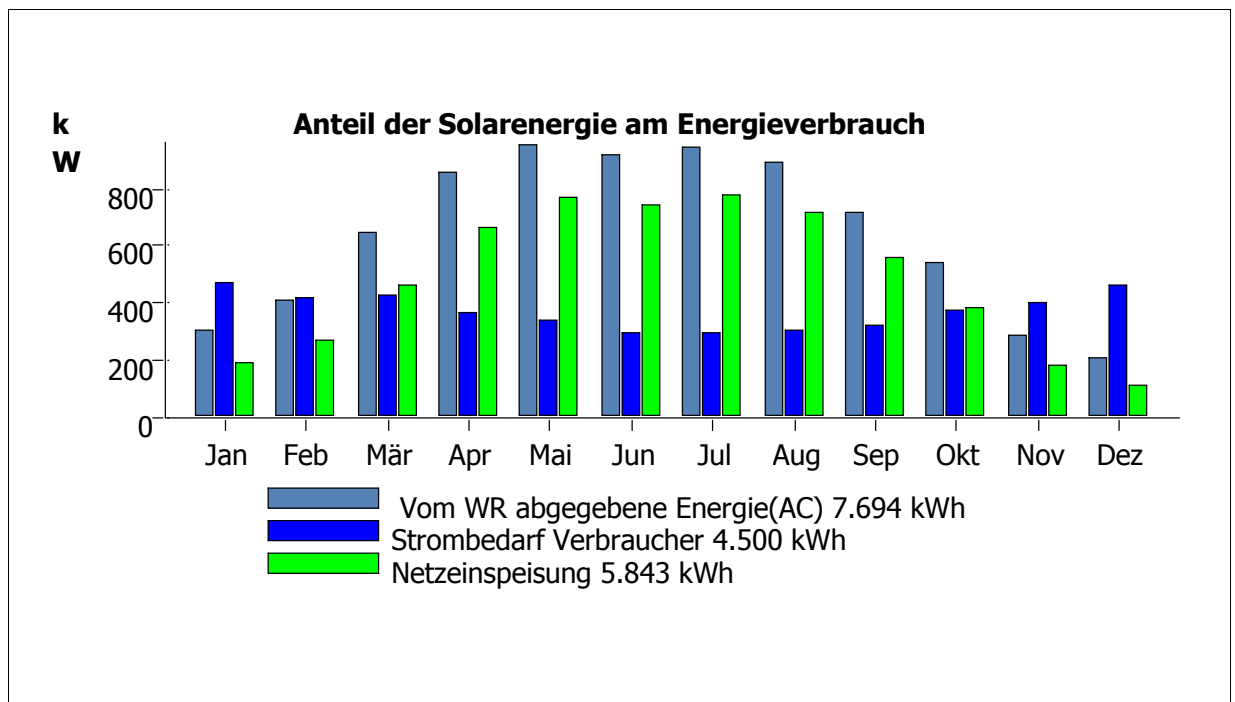
Jahresbedarf:	4.500 kWh	
Stündlicher Maximalwert:	1,20 kW	
Wochenendverbrauch:	Samstag: 100 %	Sonntag: 100 %
Verbrauchsprofil:	BDEW H0 - Haushalt (Statistische Werte für Deutschland)	
Urlaubszeiten:	keine	

**Einzelverbraucher Gesamtverbrauch: 0 kWh**

Einzelverbraucher 1	Typ: nutzerunabhängig	0 kWh
---------------------	-----------------------	-------

**Simulationsergebnisse für das Gesamtsystem**

Einstrahlung auf Horizontale:	50.442 kWh	Netz Bezug:	2.668 kWh
PV-Gen. Einstrahlung:	58.308 kWh	Eigenverbrauch:	19,2 kWh
Einstrahlung abzl. Reflexion:	55.669 kWh	PV-Gen. erzeugte Energie:	8.035 kWh
Einstr. ohne Verschattung:	58.681 kWh	Solarer Deckungsanteil:	170,6 %
Vom WR abgegebene Energie(AC):	7.694 kWh	Systemnutzungsgrad:	13,2 %
Netz Einspeisung:	5.843 kWh	Performance Ratio:	82,6 %
Verbrauch Bedarf:	4.500 kWh	Final Yield:	2,8 h/d
PV-Gen. direkt genutzt:	1.851 kWh	Spez. Jahresertrag:	1.034 kWh/kWp
Generator Nutzungsgrad:	13,8 %		



## Wirtschaftlichkeitsberechnung

### Anlagendaten

PV-Leistung: 7,42 kWp

### Allgemeine Wirtschaftlichkeitsparameter

Inbetriebnahme der Anlage:

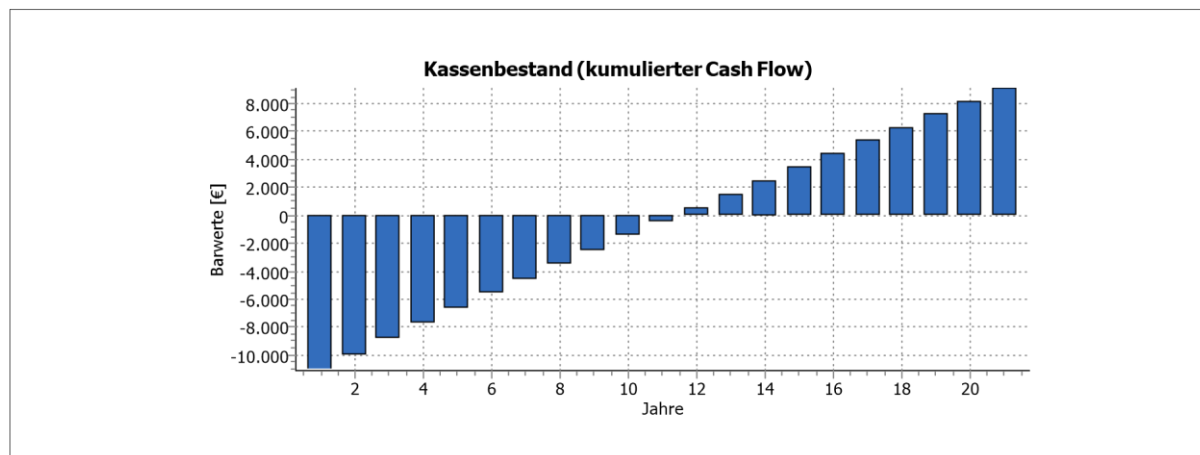
01.05.2014

#### Stromeinspeisung

Einspeisekonzept:	Eigenverbrauch
Für die ersten 20 Jahre:	0,1355 €/kWh
Danach:	0,1355 €/kWh
Einsparungen durch Eigenverbrauch:	0,2600 €/kWh
Betrachtungszeitraum:	20 Jahre
Investitionen:	11.872,00 €
Betriebsgeb. Kosten:	83,10 €/a
Einspeisevergütung im ersten Jahr:	791,76 €/a
Einsparungen Strombezug:	476,30 €/a

#### Ergebnisse nach der Kapitalwertmethode

<b>Kapitalwert:</b>	<b>9.083,47 €</b>
<b>Amortisationszeit:</b>	<b>11,1 Jahre</b>
<b>Rendite:</b>	<b>9,1 %</b>
<b>Stromgestehungskosten:</b>	<b>0,11 €/kWh</b>



Kapitalzins:

3,00 %

Alle Angaben ohne Umsatzsteuer

**Kostenbilanz****Detaillierte Auflistung aller Ein-/Auszahlungen****Investitionen**

Position	Nutzungsdauer [a]	Preisänd.faktor [%]	Betrag[€]
Investitionen	21	0,00	11.872,00

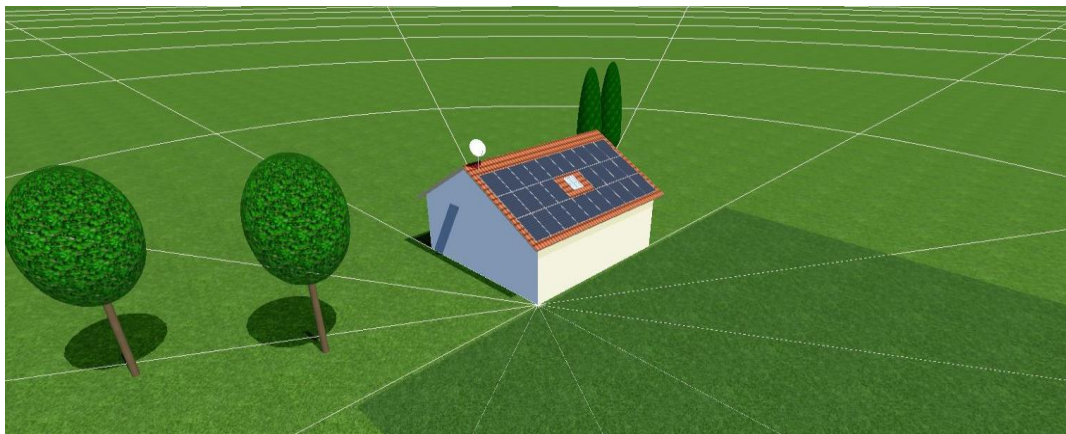
**Betriebsgeb. Kosten**

Position	Preisänd.faktor [%]	Betrag[€]/a
Betriebskosten <b>Einspeisevergütung</b>	2,00	83,10

Position	Preisänd.faktor [%]	Betrag[€]/a
Einspeisevergütung	0,00	791,76

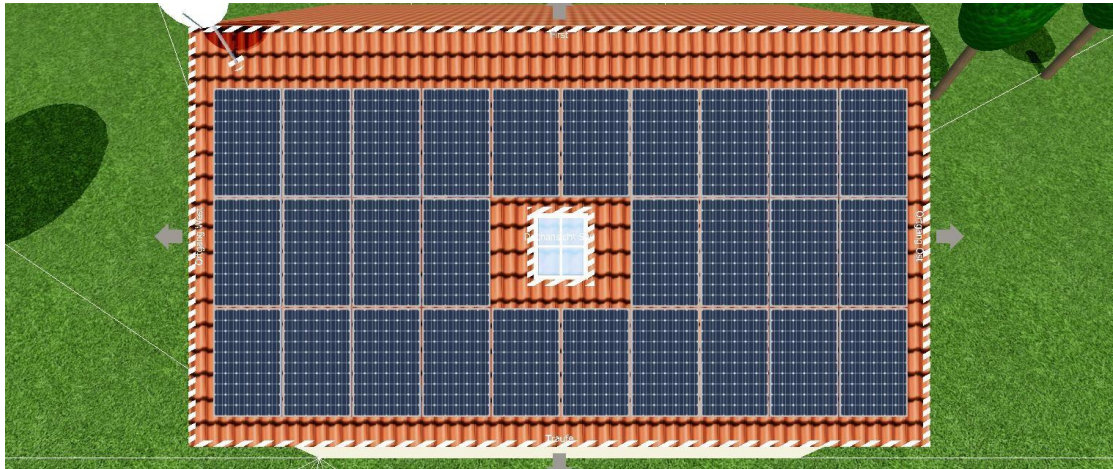
**Einsparungen Strombezug**

Position	Preisänd.faktor [%]	Betrag[€]/a
Einsparungen Strombezug	5,00	476,30

**Screenshots der Anlagenvisualisierung****Umgebung**

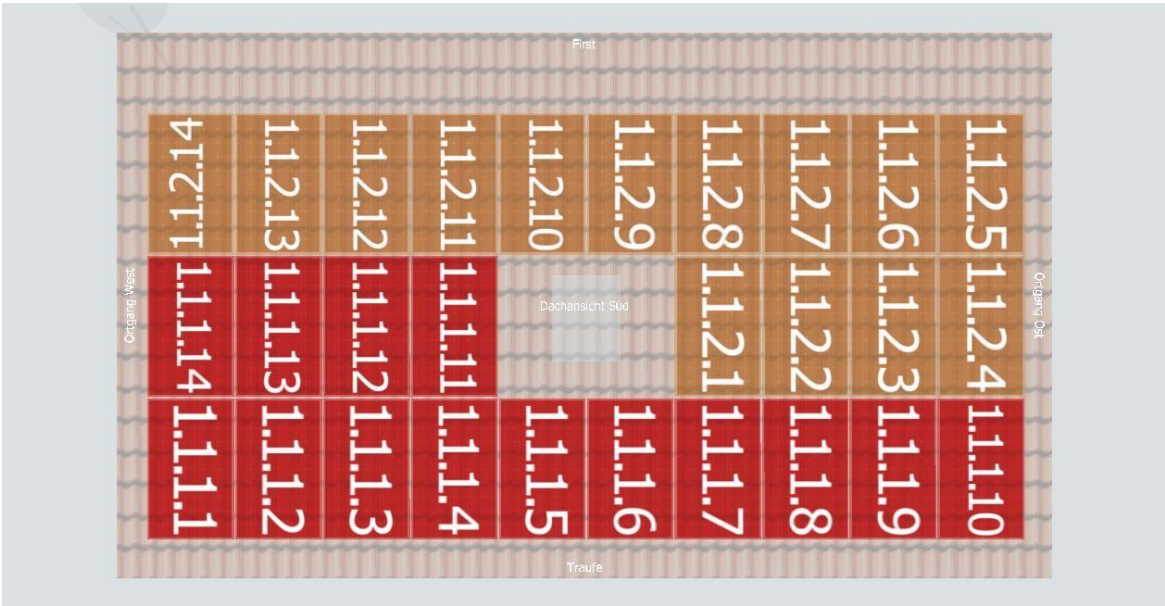
Screenshot5

## Modulbelegung



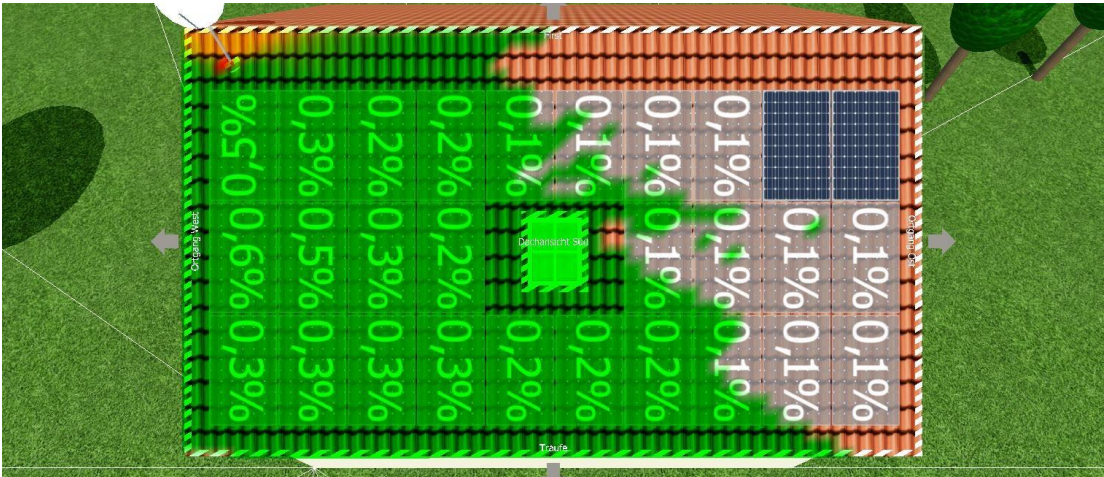
Screenshot2

Modulverschaltung



Screenshot3

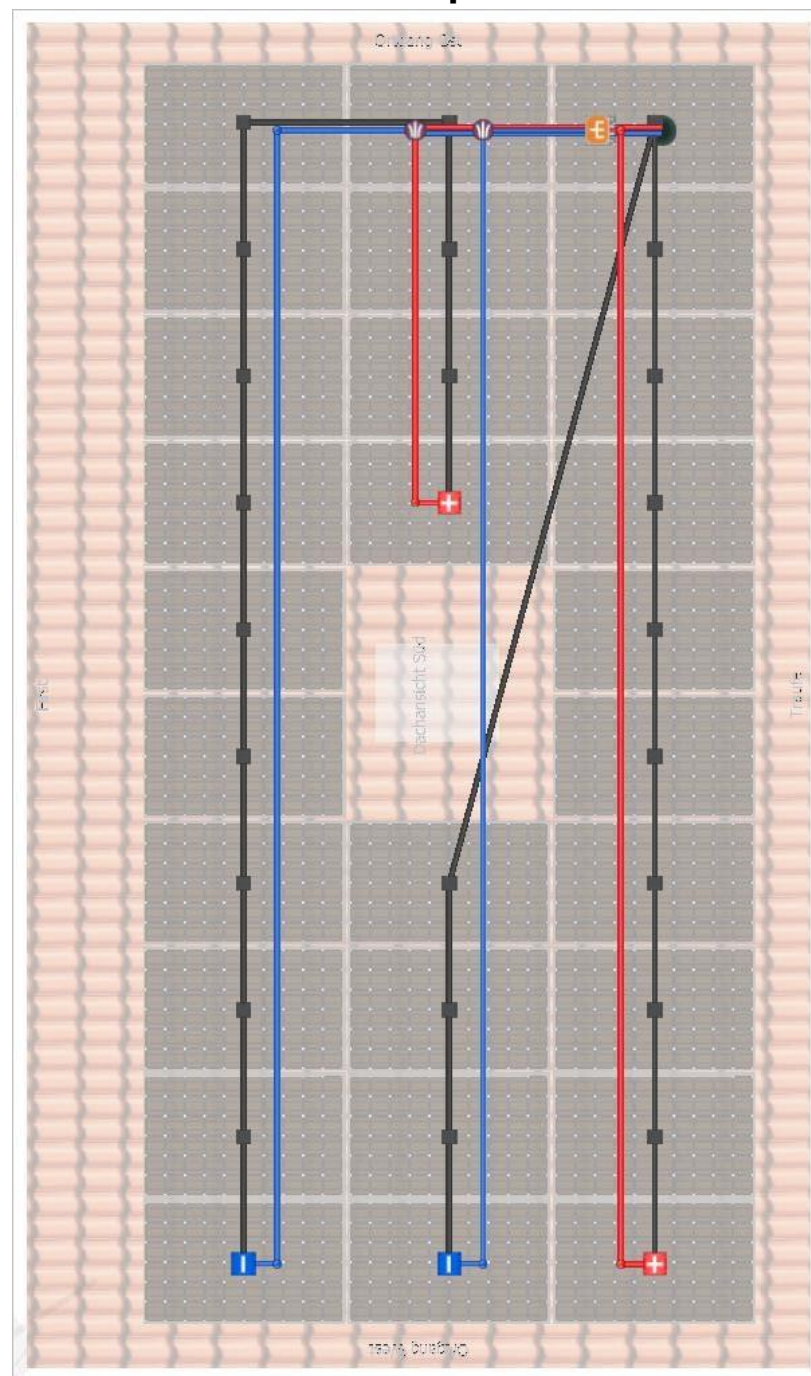
Häufigkeitsverteilung



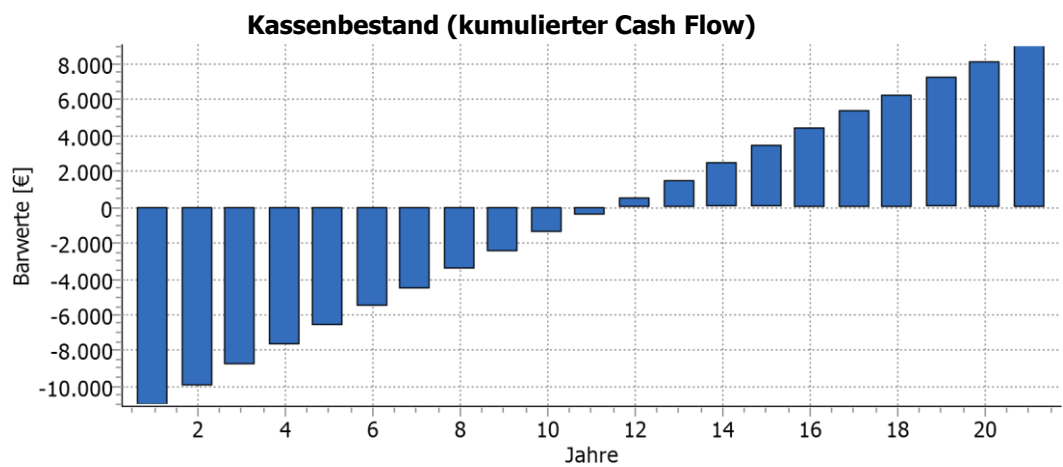
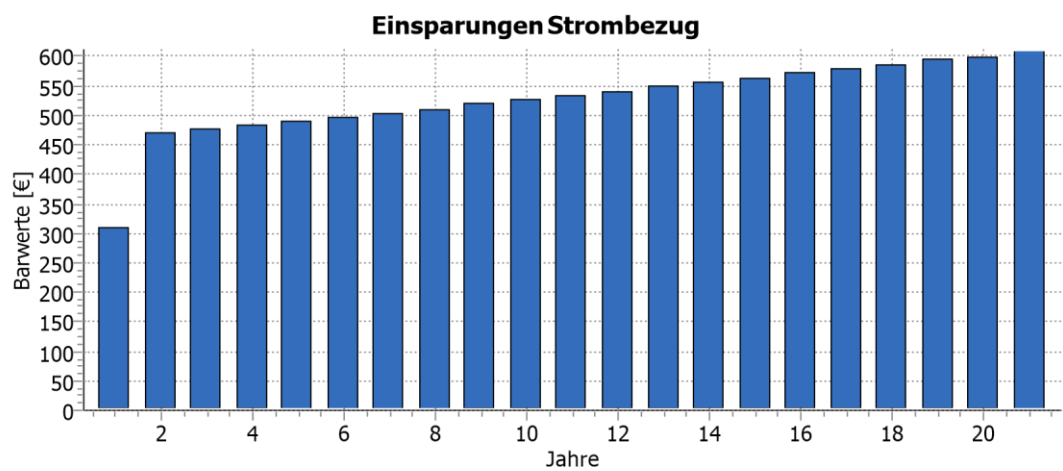
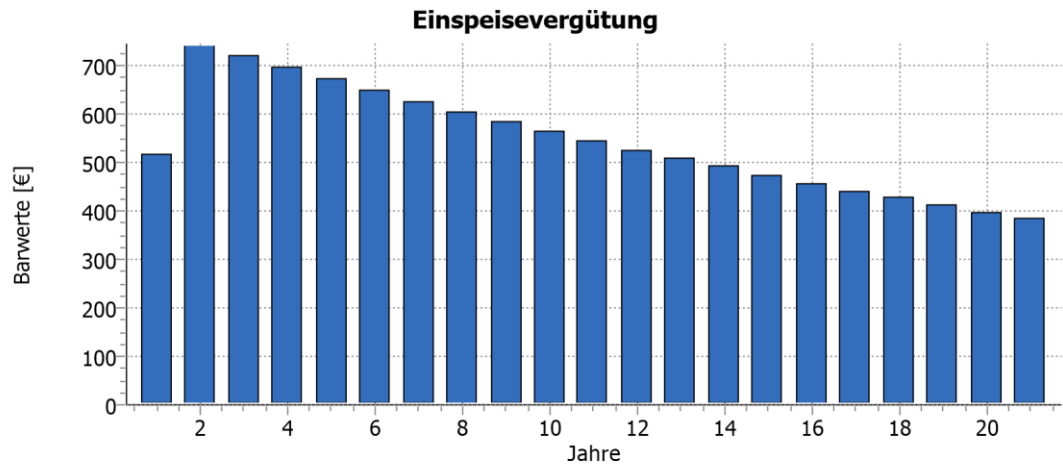
Screenshot1



## Kabelplan



## Grafische Darstellung der Ergebnisse







## Anlage 2: Kosten für Solarmodule

Hersteller	Typ	Einzel/ Wp	Preis/ Wp	Währung
Sharp Europe	NA-F128GK	128,00	1,26	EUR
sunblu	SV 48-185 BE	185,00	1,32	EUR
Nexpower	NH-100AT_4A	100,00	0,94	EUR
SCHOTT Solar	Schott Poly 220	220,00	1,89	EUR
Sunblu	SBF170M5C/180Wp	180,00	1,18	EUR
SCHOTT Solar	Schott Poly 230	230,00	1,42	EUR
Innotech Solar	ITS Economy Project PolyUp - 220Wp	220,00	1,62	EUR
Kyocera	KD235GH-2PB	235,00	1,41	EUR
Hyundai	HiS-M210MF	210,00	1,56	EUR
Kyocera	KD215GH-2PU	215,00	1,49	EUR
Kyocera	KD240GH-2PB	240,00	1,49	EUR
Nexpower	NT - 140AX	140,00	0,97	EUR
Nexpower	NT - 140AX	140,00	0,96	EUR
CSG PVTech	CSG230M2-30	230,00	1,46	EUR
GS Solar	GS-50	50,00	1,26	EUR
CSG PVTech	CSG185S1-35/36	185,00	1,46	EUR
Sharp Europe	NA-F128 (G5)	128,00	1,26	EUR
Sunways	SM240U, 240 Wp	240,00	1,37	EUR
Pramac	LUCE MCPH P7 125W	125,00	1,52	EUR
ENN	EST-120	120,00	1,2	EUR
SOLVIS	SV 60-230	230,00	2,06	EUR
SCHOTT Solar	Schott Poly 235	235,00	1,54	EUR
Kaneka	G-EA060	60,00	0,82	EUR
MiaSolé	MR-107 (107W)	107,00	1,11	EUR
SCHOTT Solar	Schott Poly 230	230,00	1,48	EUR
Kyocera	KD240GH-2PB	240,00	1,5	EUR
Trinasolar	TSM-235PC05	235,00	1,26	EUR
SolarWorld	Sunmodule plus SW 240 poly	240,00	2,02	EUR
Chaori	CRM230S156P	230,00	1,22	EUR
Aleo	aleo S_16-180	180,00	1,42	EUR
Hyundai	HiS-M203SF	203,00	1,86	EUR
Sharp Europe	NA-F121 (G5)	121,00	1,16	EUR

Union Solar	US240M	240,00	1,24	EUR
Union Solar	US265M	265,00	1,24	EUR
Sunrise	SR-235P6	235,00	1,44	EUR
BYD Company	BYD 230P6-30	230,00	1,62	EUR
Siliken	SLK60P6L (240Wp)	240,00	1,61	EUR
SOLVIS	SV 48-185	185,00	1,55	EUR
SOLVIS	SV 48-190	190,00	1,55	EUR
Sanyo	HIP-214NKHE5	214,00	2,01	EUR
FATH Solar	FS 235CP	235,00	1,83	EUR
CSI	CS6P-220P	220,00	1,34	EUR
Chaori	CRM190S125M-72	190,00	1,22	EUR
HPV Solar	HPV 242 GT	242,00	1,18	EUR
CSG PVTech Co., Ltd.	CSG235M2-30	235,00	1,46	EUR
Sulfurcell	SCG50-HV-L	50,00	0,83	EUR
Solaria Energia	S6P2G220	220,00	1,18	EUR
Sunowe	SF156x156-60-M, 240 W	240,00	1,55	EUR
Mitsubishi (MHI)	MA100T2	100,00	0,8	EUR
JASOLAR	JAP6-60-235	235,00	1,3	EUR
LG Solar	LG225P1C	225,00	1,5	EUR
SKYBASE Solar	SK125*125-M-72-190	190,00	1,3	EUR
LG Solar	LG220P1C	220,00	1,48	EUR
CSG PVTech Co., Ltd.	CSG 235M2-30	235,00	1,02	EUR
Sanyo	HIT-N235SE10	235,00	2,23	EUR
Sunpower	SER-235P	235,00	1,83	EUR
ReneSola	JC185S-24/Db	185,00	1,33	EUR
Sharp Europe	NU-185(E1)	185,00	1,68	EUR
MAGI Solar	MGSM-245D	245,00	1,67	EUR
Samsung	LPC247S	247,00	1,38	EUR
CNPV	CNPV-200M	200,00	1,34	EUR
Miasole	MS125GG	125,00	1,02	EUR
Conergy	E 220P	220,00	1,55	EUR
Soluxtec	PowerSlate Mono Dark 240	240,00	2,08	EUR
Soluxtec	PowerSlate Mono Dark 245	245,00	2,08	EUR
Soluxtec	PowerSlate Mono Dark 250	250,00	2,09	EUR

Soluxtec	PowerSlate Mono Dark 250 Black Framed	250,00	2,09	EUR
Solarkauf	Luxra PV 72J-190	190,00	1,51	EUR
Solarkauf	Luxra PV 72J-195	195,00	1,54	EUR
Solarkauf	Luxra PV 60S-240	240,00	1,58	EUR
Solarkauf	Luxra PV 72S-L-190	190,00	1,51	EUR
Centrosolar	S 230M54 Excellent	230,00	1,58	EUR
Solarfabrik	Premium L poly 230 W	230,00	1,58	EUR
Solarfabrik	Premium L mono 235 W	235,00	1,58	EUR
Mitsubishi	PV-TJ230GA6	230,00	1,52	EUR
Mitsubishi	PV-MLT255HC	255,00	1,8	EUR
IBC	IBC PolySol 230 MS	230,00	1,46	EUR
SCHOTT Solar	Schott Poly 290	290,00	1,43	EUR
Sunowe	SF125x125-72-M(L), 190W	190,00	1,32	EUR
Risen	SYP190S-M	190,00	1,13	EUR
Jurawatt	JWM 240	240,00	1,63	EUR
Jurawatt	JWP 230	230,00	1,48	EUR
Innotech Solar	ITS Pure Power 220Wp	220,00	1,37	EUR
Innotech Solar	ITS Pure Power 220Wp	220,00	1,36	EUR
Chaori	CRM185S125M-72	185,00	1,2	EUR
Yingli	YL235P-29b/1650x990	235,00	1,27	EUR
Hareon	HR-220P-18	220,00	1,17	EUR
SuntechPower	STP245S-20/Wd	245,00	1,29	EUR
Kyocera	KD135GH-2PU	135,00	1,55	EUR
Kyocera	KD140GH-2PU	140,00	1,55	EUR
Kaneka	Kaneka HB095	95,00	1,06	EUR
ERA Solar	ESPMC 235	235,00	1,03	EUR
sunblu	SV 48-190 BE	190,00	1,34	EUR
Samsung	LPC247S	247,00	1,53	EUR
aPower	SL6P-235-3B	235,00	1,4	EUR
aPower	SL6P-230-3B	230,00	1,4	EUR
Sanyo	HIP-215NKHE5	215,00	2,03	EUR
Solvis	SV 60-200 W	200,00	1,07	EUR
Solvis	SV 60-210	210,00	1,59	EUR
SOLVIS	SV 60-220	220,00	1,06	EUR
Sharp	NU235R1H	235,00	1,43	EUR

JASOLAR	JAM6-60-245	245,00	1,07	EUR
SHARP Electronics (Europe) GmbH	NA-F128GK	128,00	1,02	EUR
Sungen	SG-NH100-GG	100,00	0,98	EUR
Sunowe	SF125x125-72-M(L), 185W	185,00	1,15	EUR
Sunowe	SF156x156-60-P, 230 W	230,00	1,15	EUR
ERA Solar	ESPSA 185	185,00	1,03	EUR
SuntechPower	STP225-20/Wd	225,00	1,2	EUR
Znshine PVTech Co Ltd.	ZX190(37)MS	190,00	1,12	EUR
Schott Solar	Schott Perform Poly, 240 W	240,00	1,46	EUR
SuntechPower	STP280-24/Vd	280,00	1,33	EUR
Sovello	SV-X-205	205,00	1,43	EUR
Sharp Europe	NA-F090 (B5)	90,00	1,55	EUR
UE Solar Co Ltd	ZHM190	190,00	1,14	EUR
Shunda Photovoltaik	SDM-170/185-72M	185,00	1,33	EUR
Shunda Photovoltaik	SDM-170/190-72M	190,00	1,33	EUR
Shunda Photovoltaik	SDM-230/250-96M	250,00	1,33	EUR
Nexpower	NT - 145AX	145,00	1,12	EUR
Centrosolar	S 235P60 Professional	235,00	1,56	EUR
SCHOTT Solar	Schott Poly 235	235,00	1,54	EUR
Bosch Solar Energy	c-Si M60 M240 3BB	240,00	1,65	EUR
Bosch Solar Energy	c-Si M48 190	190,00	1,65	EUR
SuntechPower	STP185S-24/Ad+	185,00	1,19	EUR
Kyocera	KD240GH-2PB	240,00	1,48	EUR
Mitsubishi	PV-MDT200HB	200,00	1,7	EUR
SuntechPower	STP280-24/Vd	280,00	1,11	EUR
Powerbright Solar	PB230-36	230,00	1,11	EUR
APower	SL6P-230-2B	230,00	1,46	EUR
APower	SL6P-235-2B	235,00	1,46	EUR
First Solar	FS-377	78,00	1,08	EUR
LDK Solar	LDK 230P-20	230,00	1,16	EUR
Sharp Europe	ND-220E1F	220,00	1,3	EUR
LDK Solar	LDK 220P-20	220,00	1,25	EUR
First Solar	FS-377	78,00	1,03	EUR
Kaneka	Kaneka HB72	72,00	1,01	EUR

Exiom Solution	EX-235P	235,00	1,31	EUR
SCHOTT Solar	Schott Protect Poly 180	180,00	1,65	EUR
Kyocera	KD235GH-2PB	235,00	1,4	EUR
ASTOM	ASH190M-72	190,00	1,27	EUR
ASTOM	ASH230P-60	230,00	1,27	EUR
Perlight	PLM-190/24	190,00	1,23	EUR
Q.CELLS	Q.SMART UF L 100	100,00	1,01	EUR
Exiom Solution	EX-230 P Plus	230,00	1,44	EUR
Exiom Solution	Aislada 140	140,00	1,52	EUR
First Solar	FS-380	80,00	1,01	EUR
Trinasolar	TSM-230PC05	230,00	1,18	EUR
DAY4 Energy	Day4 60MC-1-240	240,00	1,68	EUR
SKYBASE Solar	SK125*125-M-72-195	195,00	1,3	EUR
General Solar Power	GA-100-GBA	100,00	0,94	EUR
New Vision	NVE-T1-240W	240,00	1,16	EUR
New Vision	NVE -T2- 230W	230,00	1,15	EUR
New Vision	NVE- T1-190 W	190,00	1,15	EUR
Isofotón	ISF-245	245,00	1,18	EUR
Kaneka	Z-EA075	75,00	0,85	EUR
CSI	ClearPower CS6P-230P	230,00	1,02	EUR
Trinasolar	TSM-190DA01A	190,00	1,18	EUR
Trinasolar	TSM-225PC05	225,00	1,12	EUR
First Solar	FS-382	82,00	1,14	EUR
Chauri	CRM195S125M-72	195,00	1,22	EUR
Q.CELLS	Q-Peak 255	255,00	1,52	EUR
Soco Solar	SC 190M-24P	190,00	1	EUR
Trinasolar	TSM-240PC05	240,00	1,18	EUR
Yohkon Energia	YE6220P_230	230,00	1,4	EUR
Hyundai	HiS-M227SG	227,00	1,51	EUR
Trinasolar	TSM-240PC05	240,00	1,15	EUR
Topsolar	TSM96-125M (255Wp)	255,00	1,18	EUR
Tianhua Solar	TH-170/195-72M	195,00	1,23	EUR
Sunowe	SF125x125-72-M(L), 190W	190,00	1,18	EUR
JASOLAR	JAM5-72-195	195,00	1,14	EUR
Sharp Europe	ND-R245A5	245,00	1,48	EUR

Solarbau Süd	SBS 245 FP/156-60/2BB	245,00	1,35	EUR
SuntechPower	STP225-20/Wd	225,00	1,23	EUR
Avancis	PowerMax 120	120,00	1,33	EUR
Avancis	PowerMax 110	110,00	1,24	EUR
Q.CELLS	Q.PRO 225	225,00	1,37	EUR
Suntech Power Corp., Ltd.	Suntech Power STP 245-24/Vd	245,00	1,38	EUR
Aleo	Aleo S18.235	235,00	1,67	EUR
Aleo	aleo S_19-235	235,00	1,67	EUR
Heckert	NeMo P 200	200,00	1,49	EUR
CSG PVTech	CSG230M2-30	230,00	1,06	EUR
Sanyo	HIT-235HDE4	235,00	2,26	EUR
TSMC Solar	TS-240 P60 Premium	240,00	1,37	EUR
Trinasolar	TSM-240PC05	240,00	1,27	EUR
Sharp Europe	ND-E220 (A2)	220,00	1,44	EUR
Mage Solar	Powertec 190/5MI	190,00	1,39	EUR
IBC	IBC MonoSol 190 MS	190,00	1,46	EUR
Sunpower	SER-228P (E13)	228,00	1,32	EUR
Yingli	YL230P-29b/1650x990	230,00	1,21	EUR
GS Solar	GS-50	50,00	1,15	EUR
SolarWorld	Sunmodule plus SW 220 poly	220,00	1,43	EUR
REC	REC230AE	230,00	1,42	EUR
REC	REC235AE	235,00	1,49	EUR
Himin	HG-205S	205,00	1,11	EUR
Qixin	SL185CE-36M	185,00	0,95	EUR
Qixin	SL180CE-36M	180,00	0,85	EUR
Qixin	SL175CE-36M	175,00	0,87	EUR
Qixin	SL250CE-48M	250,00	1,02	EUR
Centrosolar	S 215P54 Excellent	215,00	1,58	EUR
Qixin	SL230CE-30P	230,00	1,02	EUR
Trinasolar	TSM-230PC05	230,00	1,15	EUR
Sunowe	SF156x156-60-P, 240W	240,00	1,17	EUR
Noble Solar Industries	NSI 190/72-M	190,00	0,99	EUR
Avancis	PowerMax 120	120,00	1,25	EUR
Kyocera	KD215GH-2PU	215,00	1,48	EUR

Kyocera	KD210GH-2PU	210,00	1,4	EUR
Kyocera	KD190GH-2PU	190,00	1,55	EUR
Sharp Europe	ND-R240A5	240,00	1,15	EUR
JASOLAR	JAP6-60-240	240,00	1,15	EUR
DAY4 Energy	Day4 60MC-1-240	240,00	1,69	EUR
Yingli	YL260C-30b Panda	260,00	1,33	EUR
Jinko Solar	JKM-235P-60	235,00	1,06	EUR
Jinko Solar	JKM-240P-60	240,00	0,99	EUR
Sanyo	HIT-240HDE4	240,00	2,3	EUR
Lightway	LW190(23)	190,00	1,25	EUR
PPAM.se Sweden AB	Onyxium 255	255,00	1,39	EUR
PPAM.se Sweden AB	Onyxium 310	310,00	1,38	EUR
TSMC Solar	TS-235P60 Premium	235,00	1,3	EUR
Centrosolar	S 240P60 Professional	240,00	1,31	EUR
Trinasolar	TSM-235PC05	235,00	1,31	EUR
Magi Solar	MGSM-245D	245,00	1,31	EUR
SuntechPower	STP280-24/Vd	280,00	1,17	EUR
REC	REC215AE	215,00	1,55	EUR
Sharp Europe	ND-190R1S	190,00	1,56	EUR
Q.CELLS	Q.PRO 230	230,00	1,37	EUR
ET Solar	ET-P660235	235,00	0,98	EUR
Hanwha SolarOne	SF160 Mono (x-tra) 190W	190,00	1,22	EUR
Hareon	HR-230P-18	230,00	1,11	EUR
ET Solar	ET-P660240	240,00	1,13	EUR
Solarfun	SF 220-30-P 220W	220,00	1,15	EUR
Hanwha SolarOne	SF220-225W Poly	225,00	1,14	EUR
Sunowe	SF125x125-72-M(L), 185W	185,00	1,11	EUR
Hanwha SolarOne	SF160 Mono Black Dia- mond 190W	190,00	1,3	EUR
Hanwha SolarOne	SF160 Mono Black Dia- mond 185W	185,00	1,26	EUR
Hanwha SolarOne	SF220 Poly (x-tra) 245W	245,00	1,25	EUR
S-Energy	SM-230PA8	230,00	1,45	EUR
Sovello	SV-X-200	200,00	1,44	EUR
CETC Solar	ZKX-190D-24	190,00	1,03	EUR
Hanwha SolarOne	SF190 Poly (x-tra) 215W	215,00	1,23	EUR



Auria Solar	M120000	120,00	0,79	EUR
Aleo	Aleo S18.235	235,00	1,61	EUR
Jinko Solar	JKM-235P-60	235,00	1,08	EUR
China Sunergy (CSUN)	CSUN195-72M	195,00	1,09	EUR
CSI	CS6P-235P	235,00	1,26	EUR
JASOLAR	JAP6-60-230	230,00	1,06	EUR
Sunowe	SF125x125-72-M(L), 190W	190,00	1,01	EUR
Sunowe	SF156x156-60-P, 235W	235,00	1,15	EUR
LDK Solar	LDK 230P-20	230,00	1,19	EUR
Qixin	SL185CE-36M	185,00	0,95	EUR
Kyocera	KD210GH-2P	210,00	1,43	EUR
REC	REC230JT	230,00	1,3	EUR
Luxra	PV 72J-190	190,00	1,14	EUR
Lightway	LW240(29)P1650x990	240,00	1,14	EUR
EGing PV	EG-240 M60-C	240,00	1,27	EUR
Yingli	YL230P-29b/1650x990	230,00	1,16	EUR
Perfectenergy	PEM-230/230-60P	230,00	1,14	EUR
Sanyo	HIT-H250E01	250,00	2,11	EUR
Yingli	YL235P-29b/1650x990	235,00	1,31	EUR
LDK Solar	LDK 220P-20	220,00	1,18	EUR
Sharp Europe	ND-R245A5	245,00	1,17	EUR
Stream Photovoltaic	SE255M-33/D	255,00	1,12	EUR
Trinasolar	TSM-240PC05	240,00	1,3	EUR
Trinasolar	TSM-185DC01	185,00	1,34	EUR
SCHOTT Solar	SCHOTT MONO 190	190,00	1,64	EUR
CNBM Solar	CNBM-230P	230,00	1,13	EUR
GS Solar	GS-55	55,00	1,15	EUR
Topsolar	TSM96-125M (255Wp)	255,00	1,3	EUR
Solarfabrik	ProM2 mono, 190W	190,00	1,29	EUR
CSI	CS6A-170P	170,00	0,89	EUR
Trinasolar	TSM-240PC05	240,00	1,3	EUR
Yingli	YL260C-30b Panda	260,00	1,42	EUR
Sanyo	HIT-N235SE10	235,00	2,17	EUR
Jiangsu Green Power PV	GPM235P-B-60	235,00	0,99	EUR
CSI	CS6P-230P	230,00	1,18	EUR

CSI	CS6P-225P	225,00	1,18	EUR
CSI	CS6P-220P	220,00	1,18	EUR
Sovello	SV-X-205	205,00	1,43	EUR
Risen	SYP195S-M	195,00	1,14	EUR
Trinasolar	TSM-220-PC05	220,00	1,23	EUR
Hanwha SolarOne	SF220 Poly (x-tra) 240W	240,00	1,23	EUR
CSI	CS6P-245M	245,00	1,33	EUR
Sharp Europe	NA-F128GK	128,00	1,08	EUR
ZNShine Solar	ZX5M195	195,00	1,15	EUR
CSI	CS6P-240M	240,00	1,13	EUR
Chaori	CRM-165S	165,00	1,19	EUR
SuntechPower	STP225-20/Wd	225,00	1,21	EUR
EGing PV	EGM-165W	165,00	1,19	EUR
Conergy	PowerPlus 220P	220,00	1,59	EUR
Qixin	SL280CE-36P	280,00	1,04	EUR
Samsung	LPC247S	247,00	1,41	EUR
Yingli	YL250C-30b	250,00	1,36	EUR
Lightway	LW235(29)	235,00	1,1	EUR
Sungen	SGM-230P	230,00	1,24	EUR
Sungen	SGM-195D	195,00	1,28	EUR
Sungen	SG-HN100-GG	100,00	0,86	EUR
Sunowe	SF125x125-72-M(L), 190W	190,00	1,15	EUR
CSI	CS6P-250P	250,00	1,11	EUR
ET Solar	ET-P660235	235,00	1,04	EUR
CSI	CS6P-240P	240,00	1,02	EUR
JASOLAR	JAP6-60-235	235,00	1,19	EUR
SuntechPower	STP280-24/Vd	280,00	1,2	EUR
Alex Solar	ALP230D-18	230,00	0,94	EUR
Jinko Solar	JKM-240P-60	240,00	1,12	EUR
Solar Frontier	SF150-L	150,00	1,13	EUR
SuntechPower	STP220-20/Wd	220,00	1,01	EUR
Yingli	YL235P-29b/1650x990	235,00	1,48	EUR
CSI	CS6P-230P	230,00	1,08	EUR
Trinasolar	TSM-230-PC05	230,00	1,15	EUR
SuntechPower	STP200-18/Ud	200,00	1,27	EUR

Sharp Europe	ND-R245A5	245,00	1,48	EUR
Q.CELLS	Q.BASE 230	230,00	1,35	EUR
Kinve Solar	KV225-60P	225,00	1,03	EUR
LDK Solar	LDK 230P-20	230,00	1,07	EUR
ReneSola	JC230M-24/Bb	230,00	1,04	EUR
Sunrise	SR-230P6	235,00	1,03	EUR
ET Solar	ET-P660235	235,00	1,04	EUR
Kinve Solar	KV240-60P	240,00	1,03	EUR
ReneSola	JC235M-24/Bb	235,00	1,04	EUR
ET Solar	ET-P660230	230,00	1,04	EUR
Kinve Solar	KV235-60P	235,00	1,03	EUR
Kinve Solar	KV230-60P	230,00	1,03	EUR
JASOLAR	JAP6-60-230	230,00	1,15	EUR
JASOLAR	JAP6-60-240	240,00	1,18	EUR
JASOLAR	JAP6-60-235	235,00	1,18	EUR
Sharp Europe	NU-230R1H	230,00	1,43	EUR
LDK Solar	LDK 230P-20	230,00	1,07	EUR
ReneSola	JC240S-24/Bb	240,00	1,14	EUR
Q.CELLS	Q.SMART UF 85	85,00	1,14	EUR
Tianwei New Energy	TW235P60	235,00	1,05	EUR
Sharp Europe	NU-S0E3E / NU-180E1	180,00	1,76	EUR
Sharp Europe	NU-180R1H	180,00	1,76	EUR
Trinasolar	TSM-235-PC05	235,00	1,26	EUR
Trinasolar	TSM-230PC05	230,00	1,26	EUR
Schueco	MPE 185 MS 06	185,00	1,55	EUR
Trinasolar	TSM-235-PC05	235,00	1,18	EUR
SolarWorld	Sunmodule plus SW 230mono	230,00	1,45	EUR
Sovello	SV-T-200	200,00	1,48	EUR
Kyocera	KD210GH-2PU	210,00	1,42	EUR
First Solar	FS-377	78,00	0,96	EUR
Hareon	HR-235P-18	235,00	1,23	EUR
Romag-PowerGlaz	PowerGlatz SMT 6(48) P 185W	185,00	1,55	EUR
Sanyo	HIT-N240SE10	240,00	2,42	EUR
SCHOTT Solar	PERFORM MONO 195	195,00	1,42	EUR

SCHOTT Solar	SCHOTT InDaX 214	214,00	1,58	EUR
SCHOTT Solar	SCHOTT InDaX 225	225,00	1,59	EUR
SCHOTT Solar	SCHOTT PERFORM MONO 190	190,00	1,69	EUR
SCHOTT Solar	SCHOTT PERFORM MONO 195	195,00	1,73	EUR
Trinasolar	TSM-190DC01A	190,00	1,31	EUR
Trinasolar	TSM-235PC05	235,00	1,21	EUR
SolarWorld	SW 150 Compact mono black	150,00	2,06	EUR
REC	REC235PE	235,00	1,55	EUR
ET Solar	ET-M572200	200,00	1,13	EUR
REC	REC230PE	230,00	1,3	EUR
CNPV	CNPV-240P	240,00	1,26	EUR
Sanyo	HIT-H245E01	245,00	2,3	EUR
Solar Green Energy	HORUS 230 P	230,00	1,26	EUR
Sunowe	SF125x125-72-M(L), 190W	190,00	1,26	EUR
CSI	CS5A-190M	190,00	1,26	EUR
CSI	CS6P-240	240,00	1,29	EUR
Risen	SY195S-M	195,00	1,12	EUR
ET Solar	ET-M572190	190,00	1,21	EUR
Q.CELLS	Q.BASE 225	225,00	1,24	EUR
Q.CELLS	Q.BASE 240	240,00	1,29	EUR
EC Solar	ECS-230P	230,00	1,04	EUR
Kyocera	KD245GH-2YB	245,00	1,5	EUR
EGing PV	EGM-190	190,00	1,25	EUR
CSI	CS5P-245M	245,00	1,1	EUR
EGing PV	EGM-190	190,00	1,2	EUR
LDK Solar	LDK 235P-20	235,00	1,01	EUR
LDK Solar	LDK 240P-20	240,00	1,17	EUR
Yingli	YL240P-29b	240,00	1,2	EUR
China Sunergy (CSUN)	CSUN235-60P	235,00	1,08	EUR
Trinasolar	TSM-240PC05	240,00	1,36	EUR
Trinasolar	TSM-185DC01	185,00	1,36	EUR
SuntechPower	STP245S-20/Wd	245,00	1,37	EUR
CNPV	CNPV-245P	245,00	1,12	EUR

Perfectenergy	PEM-180/190-72M-SCC	190,00	1,24	EUR
Isofotón	ISF-250	250,00	1,36	EUR
EGing PV	EGM-190	190,00	1,06	EUR
Sunpower	SPR-327NE-WHT-D	327,00	2,08	EUR
SOLVIS	SV 60-225	225,00	1,06	EUR
LDK Solar	LDK 230P-20	230,00	1,13	EUR
Odersun	ODS 170-R Series, 90 W	90,00	0,8	EUR
Sovello	SV-L-235	235,00	1,35	EUR
Amplusun	ASF100	100,00	0,79	EUR
Calrays	CPM180-A-72 195 Wp	195,00	1,28	EUR
Trinasolar	TSM-235PC05	235,00	1,27	EUR
Trinasolar	TSM-240PC05	240,00	1,16	EUR
Trinasolar	TSM-185DC01	185,00	1,26	EUR
Perfectenergy	PEM-230/230-60P	230,00	1,17	EUR
Enfoton Solar	60E6+3bb 240QC	240,00	1,48	EUR
Trinasolar	TSM-240PC05	240,00	1,18	EUR
Yingli	YL225(29)PR1650x1030	225,00	1,18	EUR
SuntechPower	STP225-20/Wd	225,00	1,23	EUR
Sharp Europe	NA-F128GK	128,00	1,05	EUR
Sovello	SV-L-230	230,00	1,33	EUR
Yingli	YL255C-30b Panda	255,00	1,36	EUR
Yingli	YL210P-29b/1650x990	210,00	1,18	EUR
CSI	ClearPower CS6P-240P	240,00	1,02	EUR
Jinko Solar	JKM-225P-60	225,00	0,99	EUR
Jinko Solar	JKM-235P-60	235,00	1,02	EUR
Risen	SY190S-M	190,00	1,14	EUR
ReneSola	JC230M-24/Bb	230,00	0,99	EUR
Yingli	YL260C-30b Panda	260,00	1,45	EUR
Topsola	TSM60-156M , 240W	240,00	1,17	EUR
First Solar	FS-380	80,00	1,14	EUR
CSI	CS5A-195M	195,00	1,25	EUR
Sharp Europe	ND-R245A5	245,00	1,28	EUR
QS Solar	QS80	80,00	0,87	EUR
Yingli	YL240P-29b	240,00	1,11	EUR
Yingli	YL250C-30b Panda	250,00	1,35	EUR

LDK Solar	LDK 230P-20	230,00	0,96	EUR
MonoSol	MonoSOL DEC 250	250,00	1,24	EUR
LDK Solar	LDK 235P-20	235,00	0,96	EUR
Sharp Europe	ND-R250A5	250,00	1,27	EUR
Sharp Europe	ND-R245A5	245,00	1,2	EUR
Sharp Europe	ND-R240A5	240,00	1,17	EUR
Jinko Solar	JKM-240P-60	240,00	1,3	EUR
Yingli	YL240P-29b	240,00	1,31	EUR
Samsung	PV-MBA1AG247	247,00	1,34	EUR
Sharp Europe	NU-E245 (J5)	245,00	1,54	EUR
Schueco	MPE 230 PS 15	230,00	1,42	EUR
Yingli	YL235P-29b/1650x990	235,00	1,26	EUR
LEYESOLAR	LYM190M	190,00	1,09	EUR
Kaneka	HB 95	95,00	1,07	EUR
Sharp Europe	NU-185R1H	185,00	1,49	EUR
Yingli	YL260C-30b Panda	260,00	1,36	EUR
China Sunergy (CSUN)	CSUN195-72M	195,00	1,12	EUR
SOLVIS	SV 48-180	180,00	1,06	EUR
Trinasolar	TSM-240PC05	240,00	1,21	EUR
Risen	SY230S	230,00	1,11	EUR
Solarfun	SF-190-27P-205W	205,00	1,06	EUR
Noah	NH-230P	230,00	1,01	EUR
Soco	SC230P	230,00	1,01	EUR
Sopray Solar	SR-156P-235	235,00	0,95	EUR
Q.CELLS	Q.SMART UF L 95	95,00	1,17	EUR
Sharp Europe	ND-R245A5	245,00	1,18	EUR
PPAM.se Sweden AB	Paladium 280W	280,00	1,24	EUR
CSI	CS6P-240P	240,00	1,08	EUR
CSI	CS6P-250M	250,00	1,08	EUR
CSI	All-black CS5A-190M	190,00	1,21	EUR
Sunowe	SF125x125-72-M(L), 190W	190,00	1,07	EUR
LDK Solar	LDK 240P-20	240,00	1,06	EUR
LDK Solar	LDK 245D-20	245,00	1,07	EUR
Jinko Solar	JKM-260M-96	260,00	1,18	EUR
Yingli	YL265C-30b Panda	265,00	1,4	EUR

Sunowe	SF125x125-72-M(L), 190W	190,00	1,04	EUR
Sharp Europe	ND-R245A5	245,00	1,26	EUR
Sunpower	SPR-320NE-WHT-D	320,00	1,9	EUR
Sharp Europe	ND-190R1S	190,00	1,22	EUR
Sharp Europe	ND-195RS1	195,00	1,28	EUR
Sharp Europe	ND-R250A5	250,00	1,23	EUR
Yingli	YL265C-30b Panda	265,00	1,38	EUR
REC	REC245PE	245,00	1,45	EUR
REC	REC235PE	235,00	1,43	EUR
REC	REC230PE	230,00	1,42	EUR
Q.CELLS	Q.PRO - G2 230	230,00	1,39	EUR
Q.CELLS	Q.PRO - G2 235	235,00	1,4	EUR
Q.CELLS	Q.PRO - G2 240	240,00	1,43	EUR
Q.CELLS	Q.PRO - G2 245	245,00	1,43	EUR
Q.CELLS	Q.PRO - G2 250	250,00	1,45	EUR
Q.CELLS	Q.PEAK 250	250,00	1,45	EUR
Q.CELLS	Q.PEAK 255	255,00	1,45	EUR
Q.CELLS	Q.PEAK 260	260,00	1,48	EUR
Q.CELLS	Q.PEAK BLK 250	250,00	1,46	EUR
Q.CELLS	Q.SMART UF L 100	100,00	1,2	EUR
Q.CELLS	Q.SMART UF L 105	105,00	1,21	EUR
Q.CELLS	Q.SMART UF L 110	110,00	1,24	EUR
Q.CELLS	Q.SMART UF L 115	115,00	1,25	EUR
Q.CELLS	Q.SMART UF 90	90,00	1,2	EUR
Q.CELLS	Q.SMART 90	90,00	1,3	EUR
SCHOTT Solar	Schott Poly 235	235,00	1,45	EUR
SCHOTT Solar	Schott Poly 230	230,00	1,44	EUR
Solar Frontier	SF140-L	140,00	1,25	EUR
Solar Frontier	SF145-L	145,00	1,29	EUR
Kyocera	KD235GH-2PB	235,00	1,5	EUR
Sanyo	HIT-N235SE10	235,00	2,24	EUR
Yingli	YL230P-29b/1650x990	230,00	1,21	EUR
First Solar	FS-382	82,00	0,99	EUR
Yingli	YL235P-29b-PC	235,00	1,1	EUR
LDK Solar	LDK 235P-20	235,00	0,96	EUR

Jinko Solar	JKM-230P-60	230,00	1,02	EUR
Trinasolar	TSM-235PC05	235,00	1,06	EUR
Sunpower	SPR-327NE-WHT-D	327,00	2,24	EUR
SuntechPower	STP275-24/Vd	275,00	1,17	EUR
Sanyo	HIT-N235SE10	235,00	2,11	EUR
Sunpower	SPR-318E-WHT-D	318,00	1,8	EUR
Yingli	YL230P-29b-1/1650x990 SERIES	230,00	1,1	EUR
Yingli	YL235PT-29b	235,00	1,12	EUR
SuntechPower	STP225-20/Wd	225,00	1,2	EUR
Trinasolar	TSM-240PC05	240,00	1,26	EUR
CSG PVTech	CSG 240M2	240,00	1,02	EUR
LDK Solar	LDK 240P-20	240,00	1,04	EUR
LDK Solar	LDK 235P-20	235,00	1,02	EUR
SuntechPower	STP220-20/Wd	220,00	1,12	EUR
Amplusun	ASF100	100,00	0,77	EUR
SCHOTT Solar	Schott Poly 235	235,00	1,39	EUR
SCHOTT Solar	SCHOTT PERFORM MONO 190	190,00	1,42	EUR
SCHOTT Solar	SCHOTT ASI 100 DG	100,00	1,06	EUR
Sanyo	HIT-N235SE10	235,00	2,12	EUR
Sanyo	HIT-H250E01	250,00	2,05	EUR
Siliken	SLK60P6L (240Wp)	240,00	1,42	EUR
S-Energy	SM-175MC2	175,00	1,12	EUR
S-Energy	SM-175MQ5	175,00	1,13	EUR
Isofotón	ISF-250	250,00	1,18	EUR
Progeny Solar	Progeny Poly 245	245,00	1,18	EUR
Sharp Europe	ND-R250A5	250,00	1,23	EUR
Sharp Europe	ND-190R1S	190,00	1,26	EUR
Kyocera	KD210GH-2PU	210,00	1,31	EUR
Kyocera	KD235GH-2PB	235,00	1,31	EUR
LDK Solar	LDK 230P-20	230,00	0,92	EUR
LDK Solar	LDK 235D-20	235,00	0,95	EUR
LDK Solar	LDK 240P-20	240,00	0,98	EUR
LDK Solar	LDK 245P-20	245,00	1,04	EUR
Solar Frontier	SF150-L	150,00	1,1	EUR
Yingli	YL265C-30b Panda	265,00	1,35	EUR



Risen	SYP195S-M	195,00	1,08	EUR
QS Solar	QS80	80,00	0,91	EUR
ReneSola	JC235M-24/Bb	235,00	1,01	EUR
Solarwatt	P210-60 GET AK (245Wp)	245,00	1,3	EUR
Siliken	SLK60P6L (240Wp)	240,00	1,27	EUR
LDK Solar	LDK 190D-24(s)	190,00	1,08	EUR
LDK Solar	LDK 195D-24(s)	195,00	1,08	EUR
SuntechPower	STP190S-24/Ad+	190,00	1,14	EUR
BYD Company	BYD 240P6-30	240,00	1,04	EUR
Sharp Europe	NA-F128GK	128,00	1,02	EUR
Amplusun	ASF100	100,00	0,79	EUR
Sunpower	SPR-327NE-WHT-D	327,00	1,93	EUR
EGing PV	EGM-190	190,00	1,07	EUR
Trinasolar	TSM-235-PC05	235,00	1,24	EUR
Sharp Europe	ND 190 R1S	190,00	1,26	EUR
Moser Baer	MBVP CAAP 245 Wp	245,00	1,2	EUR
Sharp Europe	ND-R245A5	245,00	1,21	EUR
Upsolar	UP-M230P-60	230,00	1,06	EUR
Sharp Europe	NA-F128GK	128,00	1,02	EUR
LDK Solar	LDK 230P-20	230,00	1	EUR
Modultec	MTS 230-60P	230,00	0,87	EUR
SHARP Electronics (Europe) GmbH	ND-190 R1S	190,00	1,21	EUR
Progeny Solar	Progeny Poly 250	250,00	1,19	EUR
EC Solar	ECS-195D	195,00	1,07	EUR
SuntechPower	STP225-20/Wd	225,00	1,15	EUR
LDK Solar	LDK 235P-20	235,00	1,09	EUR
Yingli	YL200 (29) P 1650*1030	200,00	0,94	EUR
LDK Solar	LDK 230P-20	230,00	0,94	EUR
Yingli	YL265C-30b Panda	265,00	1,3	EUR
Yingli	YL235P-29b-PC	235,00	1,11	EUR
Yingli	YL255C-30b Panda	255,00	1,26	EUR
CSI	CS5A-185M	185,00	1,04	EUR
JASOLAR	JAM5(L)-72-195	195,00	1,16	EUR
Nexpower	NT - 145AX	145,00	1,02	EUR

Sanyo	HIP-214NKHE5	214,00	1,74	EUR
BSC	BS40	40,00	0,71	EUR
Sanyo	HIP-214NKHE5	214,00	1,67	EUR
Sanyo	HIP-215NKHE5	215,00	1,68	EUR
SuntechPower	STP220-20/Wd	220,00	1,07	EUR
REC	REC230PE BLK	230,00	1,25	EUR
Yingli	YL245P-29b-PC	245,00	1,11	EUR
CSI	CS5A-190M	190,00	1,09	EUR
CSI	CS6P-240P	240,00	1,09	EUR
Jinko Solar	JKM-240P-60	240,00	1	EUR
ET Solar	ET-P660230	230,00	1,01	EUR
Sunrise	SR-P660235	235,00	0,98	EUR

## Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

---

Ort, Datum

Vorname Nachname